

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

С. В. Драган, А. В. Лабарткава

ПРАКТИКУМ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ

Рекомендовано Методичною радою НУК

Миколаїв 2008

УДК 621.791(075.8)

ББК 30.61

Д 72

Рекомендовано Методичною радою НУК як навчальний посібник

Рецензент канд. техн. наук, проф. Г.В. Єрмолаєв

Драган С.В., Лабарткава А.В.

Д 72 Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2008. – 68 с.

Практикум охоплює основні питання навчальних дисциплін "Основи зварювального виробництва" та "Технологія конструкційних матеріалів". Містить у собі викладення сутності основних процесів зварювання, положень технології зварювання конструкційних матеріалів, методики практичної оцінки зварювально-технологічних показників різних способів зварювання та устаткування.

Призначений для студентів, що навчаються за програмами підготовки бакалаврів з таких напрямів: суднобудування та океанотехніка, теплоенергетика, енергомашинобудування, інженерна механіка та машинобудування.

УДК 621.791(075.8)

ББК 30.61

© Драган С.В., Лабарткава А.В., 2008

© Видавництво НУК, 2008

ВСТУП

Зварювання є одним з найбільш поширених технологічних процесів з'єднання деталей із конструкційних матеріалів у різних галузях промисловості, у тому числі й суднобудуванні. Сьогодні використовується декілька десятків способів зварювання металевих і неметалевих матеріалів, розроблено відповідне обладнання для їх здійснення.

Під час проектування та будівництва суден, створення нових машин і механізмів майбутньому фахівцю в галузі судно- або машинобудування слід кваліфіковано визначати найбільш ефективні технології обробки матеріалів, зокрема спиратися на раціональні способи зварювання.

Даний посібник має на меті ознайомити студентів з типовими процесами та устаткуванням для виконання основних способів зварювання, методами оцінки точності виготовлення зварних конструкцій та контролю якості зварювання.

Усі лабораторні роботи містять елементи досліджень і тому спрямовані на розвиток індивідуальних творчих здібностей студента.

Увага! Під час виконання лабораторних робіт слід пам'ятати, що обладнання, яке використовується для дослідів, є діючими промисловими зразками і тому суворо дотримуватися правил техніки безпеки.

ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з основними типами зварних з'єднань та стандартами на умовні позначення швів зварних з'єднань. 2. Вивчити вимоги техніки безпеки під час виконання зварювальних робіт.

Загальні відомості

Зварні з'єднання

Зварним з'єднанням називають частину виробу, в якому окремі його елементи з'єднані за допомогою зварювання. Зварне з'єднання складається зі зварного шва і прилеглої до нього зони основного металу, в якій відбулися структурні та інші зміни внаслідок зварювання.

Зварний шов визначає суцільність, міцність та інші властивості металу безпосередньо в місці зварювання, а зварне з'єднання – властивості металу самого шва та прилеглої зони основного металу. Зазвичай слабким місцем у зварному з'єднанні є шов і зона термічного впливу, що є ділянкою основного металу, нагрітою в процесі зварювання від 100 °С до температури плавлення.

Зварні шви класифікують за конструктивними типами; розташуванням елементів у просторі; різновидами підготовки крайок під зварювання; кількістю проходів валика; безперервністю та протяжністю шва тощо.

За формою поперечного перерізу зварні шви розділяють на стикові й кутові. Різновидом цих швів є пробкові та прорізні, які виконуються у з'єднаннях внапусток.

Типи зварних з'єднань. Для виготовлення зварних конструкцій застосовують стикові, таврові, кутові з'єднання, а також з'єднання внапусток (рис. 1.1).

Шов у стиковому з'єднанні називають стиковим, а у кутовому, тавровому та з'єднанні внапусток – кутовим. Шви залежно від кількості проходів (шарів), необхідних для отримання повного

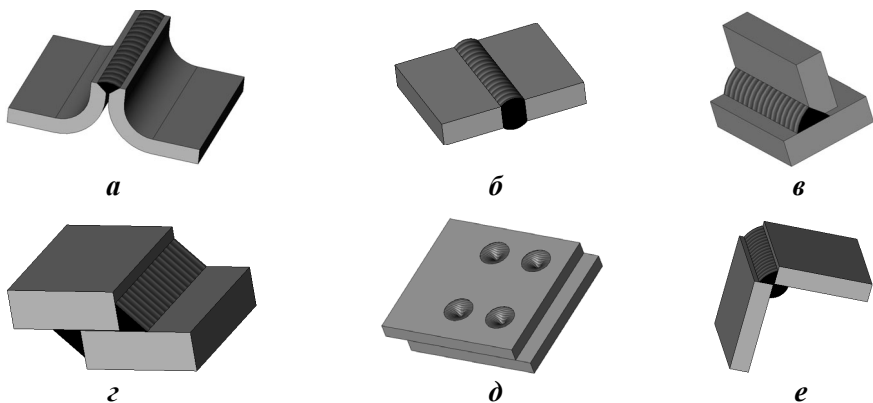


Рис. 1.1. Деякі види зварних з'єднань:

а – стикове з відбортунням крайок; *б* – стикове без скосу крайок; *в* – таврове зі скосом однієї крайки; *г* – внапусток з двобічним кутовим швом; *д* – заклепувальне; *е* – кутове

перерізу шва, бувають однопрохідні (одношарові) й багатопрохідні (багатошарові). Шов, який з'єднує заготовки по всій їх довжині, називають суцільним, а в якому зварені ділянки чергуються з незвареними – переривчастим. Стикові шви зазвичай виконуються безперервними, а кутові можуть бути як безперервними так і переривчастими із шаховим або ланцюговим розташуванням.

За формою поперечного перерізу шви можуть бути без оброблення крайок, з однобічним або двобічним обробленням крайок.

За розташуванням у просторі розрізняють нижній, верхній (стельовий), вертикальний та горизонтальний шви.

Підготовка крайок під зварювання. Перед зварюванням елементи конструкцій підлягають спеціальній підготовці (обробці). Вид підготовки залежить від стану металу, його товщини, способу зварювання, а також від технологічних вимог до зварного з'єднання.

До основних елементів підготовки крайок належать: кут оброблення α , величина притуплення c та величина зазору b (рис. 1.2). Оброблення крайок і зазор необхідні для забезпечення провару всього перерізу, а притуплення запобігає наскрізному проплавленню – пропаленню.

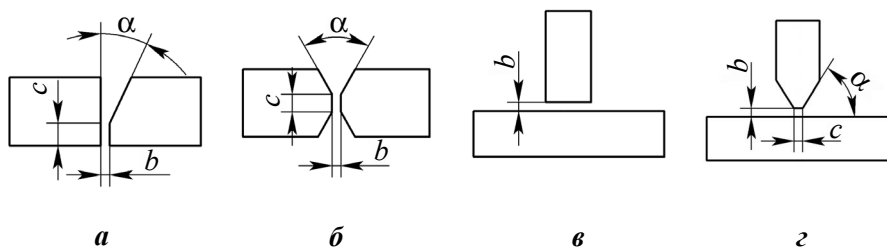


Рис. 1.2. Приклади підготовки крайок зварних з'єднань:
а, б – стикового; **в, г** – таврового

Конструктивні елементи підготовки крайок виробу регламентовані стандартами. Наприклад, для ручного дугового зварювання користуються ГОСТ 5264–80 "Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"; для автоматичного зварювання під флюсом – ГОСТ 8713–79 "Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"; для зварювання в захисних газах – ГОСТ 14771–76 "Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры"; для контактного електрозварювання – ГОСТ 15878–79 "Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры".

Позначення зварних швів на кресленнях. На кресленнях місце розташування шва вказується відповідно до ГОСТ 2.312–72 суцільною (видимий шов) або пунктирною лінією (невидимий шов). Шов позначають односторонньою стрілкою з виносною поличкою. Для видимих швів умовне позначення ставлять над поличкою, для невидимих – під нею. Для швів, виконаних різними способами зварювання, запис робиться в два яруси. Порядок позначення зварних швів показаний на рис. 1.3.

Зразок позначення шва стикового з'єднання, що виконується на монтажі без оброблення крайок механізованим зварюванням у двоокису вуглецю з наступною механічною обробкою поверхні, наведений на рис. 1.4.

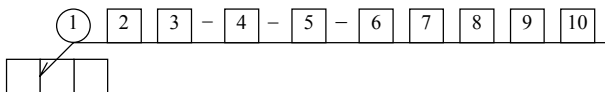


Рис. 1.3. Умовне позначення швів, виконаних дуговим зварюванням, на кресленнях:

1 – допоміжний знак (\bigcirc – зварювання на монтаж, \bigcirc – по замкненому контуру); 2 – ГОСТ на типи й конструктивні елементи; 3 – буквено-цифрове позначення з'єднання за ГОСТ; 4 – спосіб зварювання; 5 – катет шва для кутових швів; 6, 7, 8 – використовуються для позначення переривчастих, ланцюгових та шахових швів; 9, 10 – допоміжні значки (\bigcirc – зняти посилення, \sim – механічна обробка, \square – шов по незамкненому контуру)

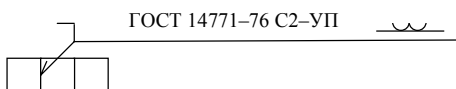


Рис. 1.4. Позначення шва стикового з'єднання

Техніка безпеки під час виконання зварювальних робіт

Зварювання, як технологічний спосіб отримання нерознімних з'єднань, широко застосовується в судно-, машинобудуванні, будівництві та інших галузях промисловості. Але технологічні процеси зварювання мають певні шкідливості та небезпечності, які несприятливо впливають на умови роботи й здоров'я зварників.

Безпека зварювальних робіт у значній мірі залежить від рівня професійної майстерності зварника, його знань та вмінь, а також від стану обладнання й виробничих приміщень. Тому суворе та неухильне дотримання всіх правил техніки безпеки і виробничої санітарії, розуміння причин, що викликають небезпеку, а також необхідних заходів щодо їх попередження дозволить безпечно виконувати зварювальні роботи й зберегти здоров'я зварників. Правила техніки безпеки під час виконання зварювальних робіт та експлуатації зварювального обладнання регламентовані Державними стандартами.

До виконання зварювальних робіт допускаються спеціально навчені та дипломовані робітники віком не молодше 18 років.

Вимоги до обладнання та приміщень

1. Зварювальні роботи повинні проводитися у призначених для цього приміщеннях (лабораторіях, дільницях, цехах), які відповідають "Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий", "Противопожарным нормам строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест", "Правилам техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах" і т. ін.

2. Зварювальні робочі місця та дільниці повинні бути ізольовані від незварювальних, які знаходяться у тому ж приміщенні, шляхом установа спеціальних загорож (кабін), щитів або ширм з азбестової тканини. Обов'язково повинні бути передбачені проходи шириною не менше 1 м.

3. У місцях виконання зварювальних робіт заборонено використання та зберігання вогнебезпечних матеріалів (бензин, ацетон, спирт тощо).

4. Зварювальні приміщення мають бути освітлені загальними світильниками. При цьому освітленість має становити: не менше 50 лк, якщо використовуються лампи накаливання, та 150 лк при люмінесцентних джерелах світла. Стационарно встановлені світильники місцевого освітлення повинні живитися напругою не більше 36 В, а для переносного освітлення – не більше 12 В (особливо при зварюванні всередині замкнених просторів: резервуарах, котлах, цистернах, відсіках суден тощо).

Вимоги до проведення електрозварювальних робіт

Ці вимоги регламентовані ГОСТ 12.3.003–86 "Работы электросварочные. Требования безопасности" (введений з 01.01.88 р.) та ГОСТ 12.2.007.8–75 "Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности" (введений з 01.01.78 р.).

Під час виконання електрозварювальних робіт слід знати ряд положень.

1. Струми силою до 0,01 А не небезпечні для життя, але викликають болісні відчуття; струми силою 0,1 А та більше – смертельні. Дія як змінного, так і постійного струму однаково шкідли-

ва для організму людини. У мережах змінного струму навіть при ідеальній ізоляції інших фаз доторкання до однієї з них є небезпечним, тому що крім витоку струму, який має активний характер дії на людину, ще є ємнісний струм відносно до землі. *Тому дуже важливою є вимога щодо надійності ізоляції всіх струмоведучих частин зварювального обладнання та його заземлення.* Якість ізоляції та заземлення слід періодично перевіряти.

2. Підключення електрозварювального обладнання здійснюється від спільного щита, електропускова апаратура виконується у вигляді рубильників закритого типу або кнопкових станцій та магнітних пускатрів. Під час виконання ремонтних робіт або профілактичних оглядів на щитах необхідно встановлювати попереджувальні таблички.

3. Під час роботи в особливо небезпечних та замкнених приміщеннях зварювальні установки повинні мати електричне блокування, що забезпечує автоматичне відключення зварювального кола при торканні електрода зі зварювальним виробом та автоматичне зниження напруги до 12 В.

4. Усі маховички, рукоятки, кнопки і т. ін., до яких зварник доторкається у процесі зварювання, повинні виготовлятися з діелектричного матеріалу.

У разі ураження електричним струмом слід надати першу допомогу: звільнити постраждалого від дії електричного струму, винести на відкрите місце, де є свіже повітря, зробити штучне дихання, накласти пов'язку.

Вимоги до проведення газозварювальних робіт

Гази, що використовуються для зварювання, звичайно зберігаються в балонах під великим тиском, тому при роботі з ними слід суворо дотримуватися ряду основних правил техніки безпеки, які обумовлені НПАОП 0.00–1.07–94 "Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" (введений з 01.01.94 р.).

1. Балони зі стиснутими газами слід розташовувати віддалік від джерел нагріву: приладів опалювання – не менше 1 м, зварювального пальника або різачка – не менше 5 м (при використанні захисних екранів ця відстань може бути зменшена).

2. Забороняється зварювання апаратів та посудин, що знаходяться під тиском.

3. Перед зварюванням ємностей, в яких раніше знаходилося рідке паливо, що легко спалахує, рідини або газу, слід провести їх ретельне очищення, промивання, просушування та вентилявання. Зварювання таких виробів виконується при відкритих люках, горловинах і т. п.

4. При роботі всередині ємності зовні повинен знаходитися спостерігач, спеціально навчений для надання допомоги у разі необхідності.

5. Балони з газами слід установлювати так, щоб усувалася будь-яка можливість їх падіння та удару.

6. Неприпустимо потрапляння масла та жиру, а також використання промасленого ганчір'я під час роботи з кисневими шлангами, редукторами, балонами.

7. Підключення шлангів до балонів та апаратури, а також з'єднання їх між собою здійснюються за допомогою стяжних хомутів. Забороняється закріплювати шланги дротом.

8. Газозварнику забороняється власноручно усувати пошкодження в газовій апаратурі (балонах, редукторах, газових генераторах). У таких випадках зварник зобов'язаний негайно припинити роботу та повідомити майстра або механіка. Відновлювати роботу можна лише після усунення всіх несправностей.

9. При перервах у роботі пальник або різак мають бути погашені. Навіть на короткий час не дозволяється випускати з рук пальник з полум'ям. У разі виникнення зворотного удару полум'я (проникнення полум'я з пальника у шланг) слід негайно перекрити вентиль горючого газу, а потім кисню та перевірити рівень води у затворах газового генератора.

Вентиляція. Під час зварювальних робіт виділяються токсичні речовини, що містяться в електродних покриттях та флюсах, випаровуються газу і тому з метою забезпечення безпечних умов праці необхідна вентиляція приміщень. Вимоги до якості повітря на робочому місці зварника встановлені ГОСТ 12.1.005–88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (введений з 01.01.89 р.).

Ефективність вентиляції визначається граничнодопустимою концентрацією шкідливостей у повітрі й складає не більше: зварювального пилу 4 мг/м^3 ; з'єднань марганцю $0,3 \text{ мг/м}^3$; з'єднань хрому $0,1 \text{ мг/м}^3$.

Для видалення зварювального пилу та газів установлюється місцева витяжна вентиляція, яка видаляє шкідливості безпосередньо у місця їх утворення. *Зварювання всередині замкнених просторів без витяжної вентиляції не допускається.*

Окрім місцевої вентиляції, зварювальні цехи та приміщення обладнуються загальнообмінною вентиляцією. Витягування здійснюється з верхньої зони приміщення, приплив повітря повинен здійснюватися у робочу зону на незварювальних дільницях.

Індивідуальні засоби захисту. Найбільш поширеними засобами індивідуального захисту зварників та їх допоміжних робітників від різних виробничих шкідливостей є спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристрої.

До спецодягу належать: брезентовий костюм (куртка й штани), брезентові рукавиці, нарукавники (під час зварювання у стельовому положенні).

Спецвзуття повинне захищати стопи ніг від забиття та опіків. Під час електрозварювання використовують взуття на гумовій підшві.

Для захисту обличчя та очей від випромінювання і бризок розплавленого металу використовують щитки зі світлофільтрами, а при газовому зварюванні – окуляри. Шоломи та щитки звичайно виготовляються з фібри – матеріалу, який не пропускає ультрафіолетові промені, має малу теплопровідність та не підпалюється від іскор.

Помічники електрозварників та сумісно з ними працюючі залежно від умов праці повинні бути забезпечені щитками й масками або окулярами. При зачищуванні зварних швів від зайвого наплавленого металу очі захищають окулярами.

Під час електродугового зварювання з метою електроізоляції зварника від виробу використовують гумові килимки, наколінники та підлокотники.

Для захисту органів дихання від потрапляння в них зварюваль-

ного пилу, газів тощо як індивідуальні засоби захисту використовують респіратори типу "Лепесток", "Астра" та ін., які являють собою півмаску, що надягається на рот та ніс зварника. В особливо небезпечних випадках використовують протигази або спеціальні дихальні прилади.

Особливості техніки безпеки під час виконання лабораторних робіт зі зварювання

1. Перед виконанням лабораторних робіт у лабораторіях кафедри зварювального виробництва під наглядом лаборанта студенти зобов'язані пройти інструктаж з техніки безпеки та розписатися у спеціальному журналі.

2. Студентам, які знаходяться в електрозварювальних лабораторіях, а особливо під час виконання зварювальних робіт, слід бути особливо уважними та обережними, пам'ятаючи про безпеку.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис типів зварних з'єднань та швів з прикладами нанесення розмірів конструктивних елементів; 3) структуру позначення швів зварних з'єднань згідно з ГОСТ 2.312–72; 4) перелік основних вимог техніки безпеки під час виконання зварювальних робіт.

Контрольні питання

1. Назвіть основні типи зварних з'єднань та швів.
2. Як позначаються зварні з'єднання на кресленнях?
3. Які вимоги техніки безпеки ставляться до зварювального устаткування?
4. Які заходи слід вживати для безпечного виконання зварювальних робіт?

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з конструкцією та вивчити способи регулювання вихідних параметрів типових джерел живлення дуги постійного та змінного струму. 2. Ознайомитися з методами оцінки зварювально-технологічних властивостей джерел живлення. 3. Визначити зварювально-технологічні властивості трансформатора для ручного дугового зварювання.

Теоретичні відомості

Загальна характеристика джерел живлення

Джерела живлення зварювальної дуги – електричні машини й апарати – забезпечують живлення дуги струмом, підтримку стійкого дугового розряду. Конструкція і параметри джерела живлення залежать від його технологічного призначення: ручного зварювання покритим електродом (*MMA*) або неплавким електродом в інертному газі (*TIG*), зварювання плавким електродом в активних (*MAG*) або інертних (*MIG*) газах, а також під флюсом (*SAW*). Джерело, призначене для живлення струмом однієї дуги, називається однопостовим. У цехах з великою кількістю зварювальних постів доцільно використовувати багатопостові джерела.

Як джерела змінного струму використовують зварювальні трансформатори та спеціалізовані установки на їхній основі для зварювання *TIG* і електрошлакового зварювання; як джерела постійного струму – зварювальні випрямлячі та машинні перетворювачі, а також спеціалізовані джерела на базі випрямлячів для плазмового зварювання і різання. Особливу групу складають інверторні (високочастотні) джерела живлення.

Зварювальний трансформатор – апарат, що перетворює змінну напругу мережі в знижену, необхідну для зварювання, без зміни частоти. Це найбільш прості й дешеві джерела, тому їх широко використовують при зварюванні способами *MMA* та *SAW*.

Зварювальний машинний перетворювач являє собою комбіна-

цію електродвигуна змінного струму або двигуна внутрішнього згоряння та зварювального генератора постійного струму. Електрична енергія мережі змінного струму, що перетворюється в механічну енергію електродвигуна, обертає вал генератора і перетворюється в електричну енергію постійного струму. Перетворювачі застосовують як для зварювання способом *ММА*, так і для зварювання захищеною дугою (*SAW* та *MIG/MAG*).

Зварювальний випрямляч – це апарат, що перетворює змінну напругу мережі в постійну знижену, необхідну для зварювання, шляхом випрямлення її за допомогою напівпровідникових вентилів. Це найбільш досконалі джерела живлення, які широко застосовуються для різних способів зварювання і різання.

Інверторне джерело живлення перетворює за допомогою спеціального електронного перетворювача-інвертора напругу мережі промислової частоти в змінну чи постійну для зварювання.

Джерело живлення, зварювальна дуга і провідники, що їх з'єднують, складають єдину енергетичну систему, стійка робота якої визначається відповідністю вольт-амперних характеристик її нелінійних елементів: джерела живлення і дуги.

Графічне зображення залежності напруги в дузі від сили струму в ній при незмінній довжині дуги називається статичною характеристикою дуги, а напруги на затискачах (клемах) джерела живлення від сили струму, що протікає через зварювальне коло при навантаженні, – зовнішньою характеристикою джерела живлення (рис. 2.1).

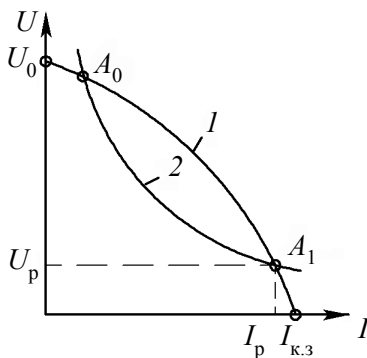


Рис. 2.1. Зовнішня вольт-амперна характеристика джерела живлення (1) та статична характеристика дуги (2):

U_0 – напруга холостого ходу джерела живлення; $I_{к.з}$ – струм короткого замикання; U_p й I_p – робочі значення напруги та струму при зварюванні; A_0 – точка збудження дуги; A_1 – робоча точка

Існує три різновиди вольт-амперних характеристик дуги і джерела живлення: *спадна* – зі збільшенням сили струму напруга знижується; *жорстка (пологоспадна)* – зі збільшенням сили струму напруга практично не змінюється; *зростаюча* – зі збільшенням сили струму напруга також збільшується.

Усі джерела живлення для зварювання оснащуються пристроями регулювання вихідних параметрів: напруги на клемах і струму зварювання. Під час зварювання способом *ММА* регулювання здійснюється шляхом зміни напруги холостого ходу і повного електричного опору джерела; під час зварювання способами *MIG/MAG* джерелом регулюють напругу дуги, сила струму в цьому випадку задається швидкістю подачі електродного дроту.

Типові джерела живлення для дугового зварювання

Однопостовий зварювальний трансформатор з механічним регулюванням струму ТДМ-317 – це пересувне джерело живлення з крутоспадною зовнішньою характеристикою, призначене для ручного зварювання, різання і наплавлення однофазним змінним струмом частотою 50 Гц.

Трансформатор закритий металевим кожухом, установлений на металевій рамі з колесами; складається з магнітопроводу, на стрижнях якого встановлені нерухома первинна і рухома вторинна обмотки. Переміщення вторинної обмотки за допомогою ходового гвинта, що обертається рукояткою, приводить до зміни відстані між обмотками і, як наслідок, плавно регулюється індуктивний опір трансформатора й відповідно сила зварювального струму.

Спадна зовнішня характеристика трансформатора формується за рахунок розвинених магнітних потоків розсіювання. Крутість спадання зовнішньої характеристики трансформатора визначається його індуктивним опором.

Схема з'єднання котушок первинної 1 та вторинної 2 обмоток (рис. 2.2) забезпечує два ступені зварювальних струмів. Попарне паралельне з'єднання відповідає діапазону великих струмів, послідовне – діапазону малих струмів. Перемикання діапазонів здійснюється перемикачем *S* ножового типу. Для визначення величини зварювального струму передбачений струмовказівний механізм. Ємнісний фільтр C_{ϕ} служить для зниження перешкод радіоприйому під час роботи трансформатора.

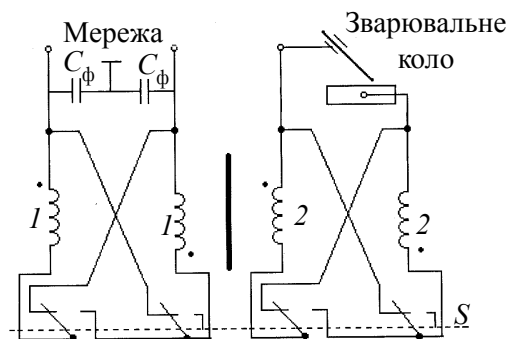


Рис. 2.2. Схема вмикання обмоток трансформатора ТДМ-317

Пересувний перетворювач ПСГ-500-1 використовується для зварювання *MAG* і складається з генератора ГСГ-500 колекторного типу та приводного трифазного асинхронного електродвигуна, змонтованих в одному корпусі. Перетворювач ПСГ-500-1 має жорстку зовнішню характеристику, що забезпечує стійке горіння зварювальної дуги.

Основна $W_{o.n}$ і додаткова $W_{д.н}$ обмотки збудження генератора, що намагнічують його залізо (рис. 2.3,*а*), живляться від самого

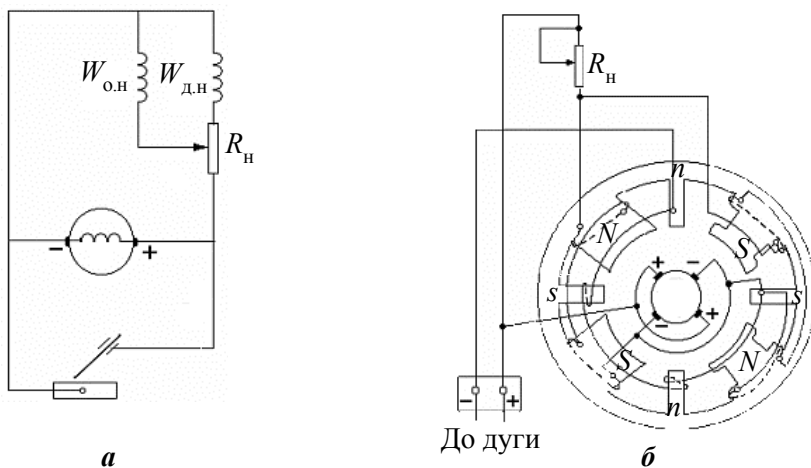


Рис. 2.3. Електрична схема (*а*) і магнітна система (*б*) зварювального генератора ГСГ-500

генератора, тому ГСГ-500 належить до генераторів із самозбудженням.

Магнітна система генератора (див. рис. 2.3,б) складається з основних N, S і додаткових n, s полюсів, на яких розташовані обмотки збудження. Унаслідок цього забезпечується надійне збудження генератора при мінімальній напрузі холостого ходу і безіскрова робота щіткового механізму.

Регулювання напруги на клеммах генератора здійснюється за допомогою потенціометра R_H , ввімкнутого в коло обмотки збудження.

Однопостовий універсальний зварювальний випрямляч ВДУ-506 (рис. 2.4) призначений для зварювання способами *MMA, MIG/MAG*, а також *SAW*. Такий широкий діапазон застосування забезпечується завдяки можливості формування як крутоспадних, так і жорстких зовнішніх характеристик за допомогою тиристорного перетворювача. Випрямляч є складовою частиною комплексу зварювального обладнання для механізованого зварювання і може використовуватися для спільної роботи з роботом або автоматичним маніпулятором.

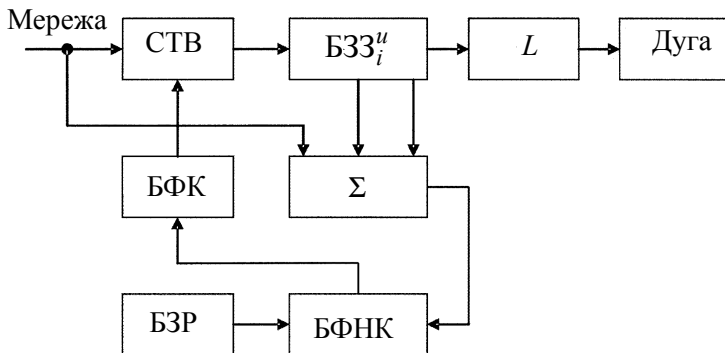


Рис. 2.4. Структурна схема випрямляча ВДУ-506

До складу випрямляча входить трифазний трансформатор, з'єднаний з тиристорним випрямним блоком. Спільно вони утворюють блок СТВ – силовий тиристорний випрямний блок. Фазовий кут відпирання тиристорів, який визначає вихідну напругу випрямляча, регулюється блоком фазового керування (БФК).

Блок задання режиму (БЗР) призначений для установки необхідного режиму зварювання.

Блок зворотного зв'язку за струмом і напругою ($B33_i''$) служить для формування потрібних зовнішніх характеристик випрямляча. При роботі зі спадними характеристиками використовується зворотний зв'язок за струмом, а при роботі з жорсткими – переважно зворотний зв'язок за напругою.

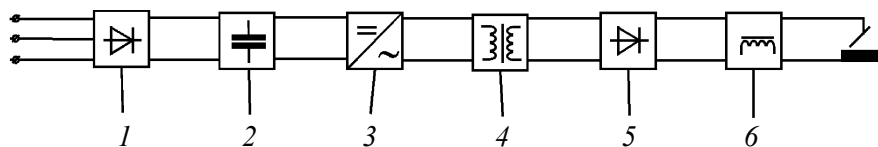
Суматор Σ є пристроєм порівняння напруг задання та зворотного зв'язку, який, у залежності від технічних вимог, формує разом з блоком формування напруги керування (БФНК) сигнал керування силовими тиристорами. Зварювальний дросель L призначений для згладжування пульсацій випрямленої напруги і зменшення розбризкування металу під час зварювання.

Однопостове інверторне джерело $PS-5000$ застосовується для зварювання способами MMA , TIG , а також MIG/MAG . Для зварювання TIG джерело комплектується додатковим блоком безконтактного збудження дуги, а для зварювання MIG/MAG – блоком подачі електродного дроту.

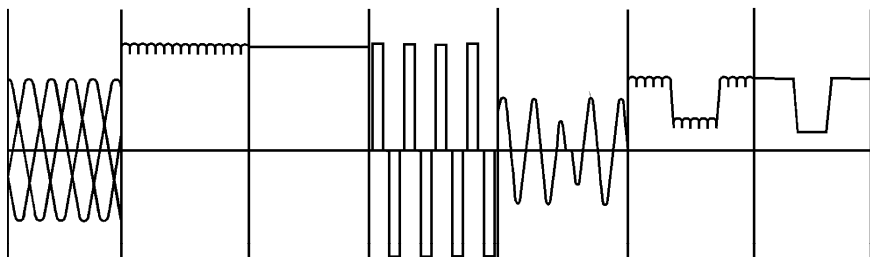
Головним блоком силової схеми джерела $PS-5000$ є інвертор. Інвертор являє собою пристрій, що складається з ключових елементів, які за заданою функцією в часі (алгоритм комутації) з'єднують виводи входу і виходу певної електричної системи. Як силові ключові елементи у джерелах живлення для зварювання використовують швидкодіючі тиристири або транзистори.

Функціональна схема інверторного джерела зварювального струму $PS-5000$ наведена на рис. 2.5. Принцип роботи інверторного джерела наведено нижче.

Змінна напруга мережі промислової частоти перетворюється вхідним випрямлячем 1 та фільтром 2 у постійну. Ця напруга, у свою чергу, перетворюється за допомогою інвертора 3 в змінну напругу підвищеної частоти (від одиниць до декількох десятків кілогерців), яка потім надходить до первинної обмотки знижувального високочастотного трансформатора 4. Вторинна обмотка трансформатора навантажена на діодний випрямляч 5, до виходу якого через згладжувальний дросель 6 підключені зварювальний електрод і виріб.



a



б

Рис. 2.5. Функціональна схема (а) та зміна напруги (б) у блоках інверторного джерела постійного струму

Визначення зварювально-технологічних властивостей джерел живлення

Згідно з вимогами ГОСТ 25616–83 "Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств" для визначення зварювально-технологічних властивостей джерел живлення, призначених для ручного дугового зварювання (ММА), використовують метод, який передбачає оцінку таких технологічних властивостей: початкове запалювання дуги; стабільність процесу зварювання; розбризкування металу; якість формування шва; еластичність дуги.

Випробування проводять шляхом наплавлення валиків у нижньому положенні на зразки, виготовлені з листової або штабової низьковуглецевої нелегованої спокійної конструкційної сталі з границею міцності $\sigma_B \leq 520$ МПа. На кожному встановленому режимі виконують наплавлення не менше як двох валиків.

Оцінку показників зварювальних властивостей виконують методом експертних оцінок у балах згідно з табл. 2.1, за кінцеву

Таблиця 2.1

Показник	Оцінка в балах	Характеристика показника
Початкове запалювання дуги	1	Погане. Рідке запалювання або відсутність запалювання.
	2	Важке. Запалювання після багаторазового зіткнення електрода з виробом та приварюванням електрода.
	3	Задовільне. Запалювання після кількох (трьох-чотирьох) зіткнень електрода з виробом.
	4	Добре. Запалювання після легкого руху електрода (першого або другого) по металу.
	5	Легке. Запалювання одразу після зіткнення електрода з металом
Стабільність процесу горіння дуги	1	Погана. Нестійке горіння дуги із частими обривами.
	2	Низька. Нерівномірна палаюча, вібуруюча дуга з рідкими обривами.
	3	Задовільна. Нерівномірно палаюча, вібуруюча дуга без обривів.
	4	Добра. Рівномірно палаюча дуга з незначною вібрацією та хрустким шумом (тріском).
	5	Висока. Спокійно, рівномірно палаюча дуга без вібрації (м'яке шипіння)
Розбрикування металу	1	Дуже велике. Дуже багато великих бризок поблизу шва, які важко вилучаються.
	2	Велике. Багато великих бризок поблизу шва, які важко вилучаються.
	3	Підвищене. Зменшена кількість великих та малих бризок поблизу шва, які легко вилучаються.
	4	Помірне (цілком допустиме). Малі бризки, які рівномірно розподілені поблизу шва.

	5	Мале. Мало дрібних бризок на поверхні зразка
Якість формування шва	1	Погана. Валик нерівномірний за шириною та висотою, крупнолускатий, з видимими шлаковими включеннями і порами.
	2	Низька. Валик нерівномірний за шириною та висотою, крупнолускатий.
	3	Задовільна. Валик крупнолускатий з окремими нерівностями по висоті та перевищеннями по крайках шва.
	4	Добра. Валик дрібнолускатий з рідкими нерівностями по висоті та невеликими перевищеннями по крайках шва.
	5	Дуже добра. Валик рівномірний, гладкий або дрібнолускатий з плавним переходом до основного металу
Еластичність дуги	1	Погана. При спробі подовження дуга одразу обривається.
	2	Низька. Потрібне постійне підтримування короткої дуги. При незначному подовженні дуга обривається.
	3	Задовільна. Дуга подовжується візуально до подвійного діаметра стрижня електрода при помітній зміні інтенсивності розплавлення електрода.
	4	Добра. Дуга подовжується візуально до потрійного діаметра стрижня електрода при невеликій зміні інтенсивності розплавлення електрода.
	5	Висока. Дуга подовжується візуально до потрійного (або більше) діаметра стрижня електрода при практично незмінній інтенсивності розплавлення електрода

Примітка. У межах 2...5 балів допускаються оцінки з інтервалом у 0,5 бала.

оцінку беруть суму середніх показників. При цьому слід мати на увазі, що оцінка будь-якого з п'яти показників, яка дорівнює двом або менше одного балу, а також сумарна оцінка всіх п'яти показників для даного режиму випробувань менше за 15 балів вважається незадовільною.

У даній роботі слід визначити зварювальні властивості однопостового трансформатора марки ТДМ-317 при роботі на двох ступенях регулювання зварювального струму.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Зварювальний трансформатор ТДМ-317.
2. Амперметр з діапазоном вимірювання 10...500 А.
3. Вольтметр з діапазоном вимірювання 0...100 В.
4. Штучні (покриті) електроди.
5. Сталеві пластини.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією трансформатора ТДМ-317, перетворювача ПСГ-500, випрямляча ВДУ-506 та джерела *PS-5000*.

2. Підготувати під наглядом керівника роботи трансформатор ТДМ-317 до зварювання та послідовно перевірити його роботу в режимі холостого ходу в діапазонах малих і великих струмів.

3. Установити на трансформаторі перемикачем діапазон малих струмів, а за допомогою ходового гвинта – силу струму відповідно до діаметра електрода.

4. Виконати за допомогою лаборанта наплавлення валика по осі пластини шляхом розплавлення одного електрода по всій його довжині, крім недогарку довжиною 70 ± 10 мм. Під час досліду записати середні параметри режиму наплавлення (I_2 , U_2), а також експертні оцінки показників зварювальних властивостей. Результати занести у табл. 2.2.

5. Повторити дослід за п. 4 ще 1–2 рази.

6. Установити на трансформаторі перемикачем діапазон великих струмів та за допомогою ходового гвинта силу струму відповідно до діаметра електрода.

7. Повторити досліди за п.п. 4 і 5. Результати занести у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Діапазон регулювання струму	Режим зварювання		Показники зварювальних властивостей											
	Середній струм дуги I_z , А	Середня напруга на клемах джерела U_z , В	Режим № 1					Режим № 2						
			Початкове запалювання дуги	Стабільність процесу горіння дуги	Розбризкування металу	Якість формування шва	Еластичність дуги	Початкове запалювання дуги	Стабільність процесу горіння дуги	Розбризкування металу	Якість формування шва	Еластичність дуги		
МС (Режим № 1, $d_e = \rule{1cm}{0.4pt}$ мм)														
ВС (Режим № 2, $d_e = \rule{1cm}{0.4pt}$ мм)														
Середнє значення														

8. Розрахувати середні значення показників зварювальних властивостей трансформатора. Результати занести у табл. 2.3 і порівняти. Зробити висновки щодо якості зварювальних властивостей трансформатора ТДМ-317.

Таблиця 2.3

Показники зварювальних властивостей	Середнє значення показників	
	Режим № 1: $I_2 =$ A ; $U_2 =$ B	Режим № 2: $I_2 =$ A ; $U_2 =$ B
Початкове запалювання дуги		
Стабільність процесу горіння дуги		
Розбризкування металу		
Якість формування шва		
Еластичність дуги		
Сумарний бал		

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис конструкції та схеми типових джерел живлення для дугового зварювання; 3) опис методики оцінки зварювальних властивостей джерел живлення; 4) таблиці результатів дослідів; 5) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Які типи джерел живлення застосовують для дугового зварювання? Якими параметрами вони характеризуються?
2. Як можна регулювати вихідні параметри в джерелах постійного струму; змінного струму?
3. З якою метою визначаються зварювальні властивості джерел живлення?
4. Якими показниками оцінюються зварювальні властивості, як вони визначаються?

ЗВАРЮВАННЯ ПОКРИТИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з основами технології ручного дугового зварювання. 2. Отримати практичні навички збудження дуги і підтримки стійкого її горіння. 3. Порівняти технологічні характеристики електродів з покриттями різних видів для зварювання конструкційних сталей.

Теоретичні відомості

При ручному дуговому зварюванні штучними (покритими) електродами для утворення і підтримки зварювальної дуги до електрода й зварюваного виробу від джерела живлення підводиться постійний (або змінний) зварювальний струм (рис. 3.1). Дугу можна запалювати двома способами: "чирканням" і дотиком з відведенням електрода. Дуга, що горить, розплавляє металевий стрижень електрода, його покриття та основний метал. Металевий стрижень електрода у вигляді окремих крапель переходить у зварювальну ванну, в якій змішується з розплавленим металом виробу (основ-

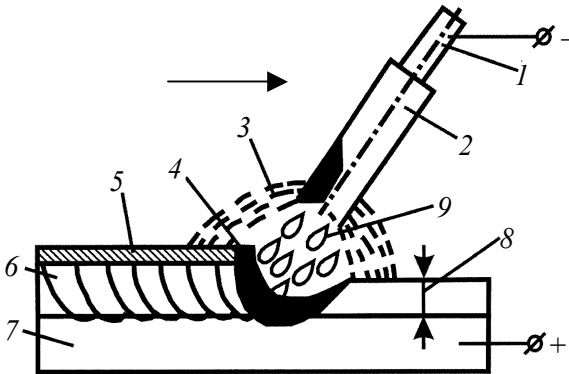


Рис. 3.1. Ручне дугове зварювання металевим електродом з покриттям (стрілкою вказаний напрям зварювання):

1 – металевий стрижень; 2 – покриття електрода; 3 – газова атмосфера дуги; 4 – зварювальна ванна; 5 – затверділий шлак; 6 – метал шва; 7 – основний метал; 8 – глибина проплавлення; 9 – краплі розплавленого електродного металу

ним металом). Розплавлене тепло дуги електродне покриття у вигляді шлаку спливає на поверхню зварювальної ванни.

Покриття електрода, що розплавляється, утворює навколо дуги і над поверхнею зварювальної ванни газову атмосферу, яка, відтиснюючи повітря із зони зварювання, перешкоджає взаємодії його з розплавленим металом. У газовій атмосфері наявні також пари основного й електродного металів і легуючих елементів. Шлак, покриваючи краплі електродного металу і поверхню розплавленого металу зварювальної ванни, запобігає їх контакту з повітрям та бере участь у металургійній взаємодії з розплавленим металом.

Кристалізація металу зварювальної ванни у міру віддалення дуги приводить до утворення шва, який з'єднує зварювані деталі. Шлак застигає на поверхні шва у вигляді шлакової кірки.

Довжина дуги становить $(0,5 \dots 1,1)d_e$ та залежить від марки і діаметра електрода, просторового положення шва, оброблення зварюваних крайок і т. ін. Збільшення довжини дуги знижує якість наплавленого металу шва внаслідок його інтенсивного окиснення й азотування, збільшує втрати металу на угар та розбризкування, зменшує глибину проплавлення основного металу. Крім того, погіршується зовнішній вигляд шва.

У процесі зварювання електроду надаються три рухи (рис. 3.2). Перший рух – поступальний, уздовж осі електрода. Цим рухом підтримується постійна (у певних межах) довжина дуги залежно від швидкості плавлення електрода. Другий рух – переміщення електрода уздовж осі шва для утворення валика. Швидкість цього руху встановлюється залежно від струму, діаметра електрода, швидкості його плавлення, виду шва та інших факторів. Третій рух –

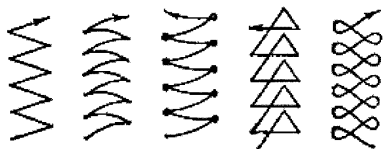


Рис. 3.2. Основні траєкторії руху кінця електрода при ручному дуговому зварюванні

переміщення електрода впоперек шва для отримання шва ширше, ніж нитковий валик (так званого розширеного валика).

Зварювання електродом можна проводити у всіх просторових положеннях (рис. 3.3).

Зварювання стикових швів можна виконувати різними спосо-

бами: "на весу", на мідній знімній підкладці, на сталевій підкладці, що залишається, з попереднім підварним швом, з видаленням непровару в корені й з наступним заварюванням. Для кутових і таврових з'єднань переважно застосовують зварювання "у човник".

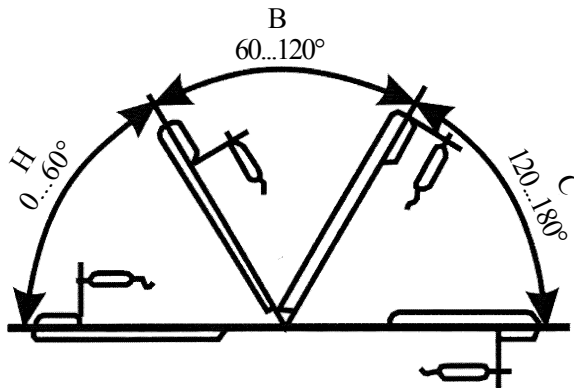


Рис. 3.3. Схема просторового розташування швів при ручному дуговому зварюванні

Короткі шви (довжиною до 300 мм) виконують напрохід – від початку шва до його кінця. Шви середньої довжини (300...1000 мм) виконують від середини до кінців або зворотно-ступінчастим методом. Шви великої довжини (понад 1000 мм) виконують двома методами: від середини до країв зворотно-ступінчастим методом і врозкид. Останній метод зменшує зварювальні деформації. Зварювання металу великої товщини виконується багат шаровими або багатопрохідними швами. Воно може здійснюватися блоками, з перев'язкою шарів ("каскадом") або горкою. Такі методи дозволяють одержувати дрібнозернисту структуру металу шва і зварювати деякі низьколеговані сталі без попереднього підігріву.

Покриті електроди для ручного дугового зварювання та наплавлення класифікуються за низкою ознак і позначаються згідно з ГОСТ 9466–75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия" буквено-цифровим кодом.

За призначенням електроди умовно позначають буквами: У – для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей з границею міцності $\sigma_b < 600$ МПа; Л – для зварювання низько- і середньолегованих сталей з $\sigma_b > 600$ МПа; Т – для зварювання теплостійких легованих сталей; В – для зварювання високолегованих сталей; Н – для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями.

Для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей з $\sigma_b < 500$ МПа застосовуються електроди таких типів: Э38, Э42, Э46, Э50 або Э42А, Э46А, Э50А. Буква А вказує на забезпечення високої пластичності й ударної в'язкості металу шва. Для зварювання сталей з границею міцності $\sigma_b > 500$ МПа застосовують електроди типів Э55 і Э60, а для зварювання легованих конструкційних сталей підвищеної та високої міцності з $\sigma_b > 600$ МПа – електроди Э70, Э85, Э100, Э125, Э150. Для зварювання теплостійких сталей у позначенні типу електрода входить марка електродного дроту, наприклад: Э-09МХ, Э-09Х2М1, Э-10Х3М1БФ і т. ін.

Електроди для зварювання корозійностійких, жароміцних сталей мартенситного, мартенситно-феритного й аустенітного класів випускаються згідно з ГОСТ 10052–75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Типы". Усього їх близько 50 типів. У позначенні типу електрода вказується марка електродного дроту (Э-12Х13, Э-12Х11НМФ, Э-10Х25Н13Г2Б, Э-10Х20Н70Г2М2Б2В та ін.).

Для наплавлення ГОСТ 10051–75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами. Типы" встановлює 44 типи покритих металевих електродів. Наприклад: Э-10Г2, Э-11Г3, Э-20ХВ, Э-30Г2Х4 і т. д.

Електроди поділяються також на марки за технічними умовами (ТУ) і паспортами. Наприклад: УОНИ-13/45, АНО-4, ЦЛ-9 тощо. Кожному типу електродів може відповідати одна або декілька марок.

Залежно від відношення діаметра електродного покриття d_n до діаметра металевого стрижня d_c електроди також позначають відповідними буквами (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Найменування покриття	Буквене позначення	Відношення d_n/d_c
Тонке	М	менше 1,20
Середнє	С	1,20...1,45
Товсте	Д	1,45...1,80
Особливо товсте	Г	більше 1,80

Електродне покриття призначене для підвищення стійкості горіння дуги, утворення газшлакового захисту, легування і рафінування металу. Для виготовлення покриттів застосовують різні компоненти і матеріали.

1. Газотвірні компоненти: *органічні речовини* – крохмаль, харчова мука, декстрин або *неорганічні речовини* – карбонати (мармур CaCO_3 , магнезит MgCO_3 та ін.).

2. Легуючі компоненти та елементи-розкиснювачі: Si, Mn, Ti та інші у вигляді феросплавів, Al – у вигляді порошку.

3. Іонізуючі або стабілізуючі компоненти, що містять у собі елементи з низьким потенціалом іонізації, – сполуки, до складу яких входять K, Na, Ca: крейда, польовий шпат, граніт.

4. Шлакотвірні складові основи покриття. Звичайно це руди – марганцева, титанова; мінерали – польовий шпат, кремнезем, граніт, мармур, плавиковий шпат та ін.

5. Зв'язуючі – водні розчини силікатів Na і K (натрієве і калієве рідке скло).

6. Формуючі домішки – речовини, що наділяють покриття кращими пластичними властивостями (бентоніт, каолін, декстрин, слюда та ін.).

Деякі матеріали, що входять до складу покриття, виконують одночасно декілька функцій. Наприклад, мармур є газо-, шлакотвірним та іонізуючим компонентом.

Електродні покриття позначаються буквами залежно від їх хімічного складу: А – кисле; Б – основне; Ц – целюлозне; Р – рутилове; П – інших видів. За наявності у складі покриття більше 20 % залізного порошку до позначення виду покриття додається буква Ж.

За допустимими просторовими положеннями зварювання елек-

троди позначають цифрами: 1 – для всіх просторових положень; 2 – для всіх, крім вертикального зверху вниз; 3 – для нижнього, горизонтального на вертикальній площині та вертикального знизу вверху; 4 – для нижнього та нижнього "у човник". Останнім часом на упаковках електродів положення зварювання показують у вигляді відповідних стрілок.

Крім того, електроди класифікують за родом та полярністю струму, а також за величиною номінальної напруги. Зразок позначення електродів, які найчастіше використовуються для зварювання суднокорпусних конструкцій:

$$\frac{\text{Э46А – УОНИИ – 13/45 – 4,0 – УД2}}{\text{Е43 2(5) – Б10}} \text{ ГОСТ 9466–75, ГОСТ 9467–75.}$$

Технологічними характеристиками, за якими оцінюють електроди, є:

коефіцієнт розплавлення

$$\alpha_p = \frac{m_p}{It}, \quad (3.1)$$

де m_p – маса розплавленого металу електрода, г; I – сила зварювального струму, А; t – час зварювання, год.

Значення α_p для електродів, призначених для зварювання маловуглецевих сталей, коливається в межах 7...13 г/(А·год);

коефіцієнт наплавлення

$$\alpha_n = \frac{m_n}{It}, \quad (3.2)$$

де m_n – маса наплавленого металу, г.

Коефіцієнт α_n для більшості електродів дорівнює 6...12,5 г/(А·год);

коефіцієнт втрат, значення якого змінюється у діапазоні 5...25 %:

$$\varphi = \left(1 - \frac{m_n}{m_p}\right) 100 \% ; \quad (3.3)$$

коефіцієнт маси покриття

$$K_{\Pi} = \frac{m_{\Pi}}{m_{\text{М}}}, \quad (3.4)$$

де m_{Π} – маса покриття, г; $m_{\text{М}}$ – маса металевого стрижня, г.

Характеристики електродів використовують для нормування зварювальних робіт і розрахунку витрат електродів.

Початковими даними для розробки технології ручного дугового зварювання є вид зварної конструкції, її матеріал і розміри. Залежно від товщини металу, взаємного розташування зварних з'єднань готують крайки деталей під зварювання. Зазвичай при товщині до 3 мм проводиться відбортування крайок, від 3 до 5...8 мм зварювання може здійснюватися без оброблення крайок, але із зазором 2...3 мм для забезпечення повного провару. При більшій товщині, до 14...16 мм, проводять V-подібне оброблення, при товщині більше 12 мм рекомендується X-подібне оброблення і більше 20 мм – чашоподібне одно- або двобічне.

Тип і марку електродів вибирають з урахуванням марки зварюваного матеріалу та вимог, що ставляться до зварної конструкції щодо міцності, корозійної стійкості й т. ін.

У даній роботі слід визначити та порівняти технологічні характеристики покритих електродів двох різних марок.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Пост для ручного дугового зварювання.
2. Сталева пластина-зразок.
3. Лабораторні ваги.
4. Лінійка із ціною поділки 1 мм.
5. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
6. Електроди з покриттями двох різних видів.
7. Секундомір.

Порядок виконання роботи

1. Отримати у лаборанта зразок для наплавлення валиків, зважити та записати його початкову масу в табл. 3.2.

2. Отримати у лаборанта електрод із заданим видом покриття.
3. Виміряти початкову довжину електрода, діаметр металевого стрижня, зважити електрод, розрахувати масу металевого стрижня та масу покриття. Результати занести в табл. 3.2.
4. За допомогою лаборанта наплавити валик на пластину. В процесі наплавлення записати середні значення сили струму $I_{зв}$, напруги на дузі U_d , секундоміром зафіксувати час наплавлення t . Значення записати в табл. 3.2.
5. Після повного охолодження виконати повторне зважування пластини, виміряти залишкову довжину електрода. Результати занести в табл. 3.2.
6. Отримати у лаборанта електрод з іншим видом покриття.
7. Повторити роботи за п.п. 3–5.
8. Розрахувати коефіцієнти розплавлення, наплавлення, втрат і маси покриття за (3.1)–(3.4) для досліджених марок електродів. Порівняти результати.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис суті процесу ручного дугового зварювання покритим електродом, призначення і склад електродного покриття, загальні питання технології ручного зварювання; 3) таблицю результатів дослідів; 4) результати розрахунків коефіцієнтів розплавлення, наплавлення, втрат і маси покриття для досліджених електродів; 5) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Як утворюється з'єднання під час ручного дугового зварювання покритими електродами?
2. За якими ознаками класифікують електроди для зварювання?
3. Які компоненти входять до складу електродного покриття? Які функції вони виконують?
4. Що розуміють під технологією ручного дугового зварювання?
5. Як визначаються технологічні характеристики покритих електродів?

Таблиця 3.2

Марка електрода, діаметр d_e	Електрод								Пластина			Режим зварювання		
	Початкова маса $m_{e.п}$	Кінцева маса $m_{e.к}$	Початкова маса стрижня $m_{ст.п}$	Кінцева маса стрижня $m_{ст.к}$	Маса розплавленого металу m_p	Початкова довжина l_p	Кінцева довжина l_k	Δl	Початкова маса $m_{п.п}$	Кінцева маса $m_{к.п}$	Маса наплавленого металу m_n	Сила струму $I_{зв}$	Напруга на дугі U_d	Час зварювання t
	Γ								Γ			A	B	C

$d_e = ___\text{мм}$

$d_e = ___\text{мм}$

ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з устаткуванням і основами технології зварювання в захисних газах. 2. Визначити технологічні та енергетичні характеристики процесу механізованого зварювання конструкційної сталі в середовищі двоокису вуглецю.

Теоретичні відомості

Сутність способу електричного дугового зварювання у захисному газі полягає в тому, що на місце зварювання направлений струмінь газу, який захищає дугу і розплавлений метал від дії повітря (рис. 4.1). Як захисне середовище можна використовувати: двоокис вуглецю, азот, водень (активні гази); аргон, гелій (інертні гази); суміші газів ($\text{Ar} + \text{O}_2$; $\text{Ar} + \text{CO}_2$; $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ та ін.).

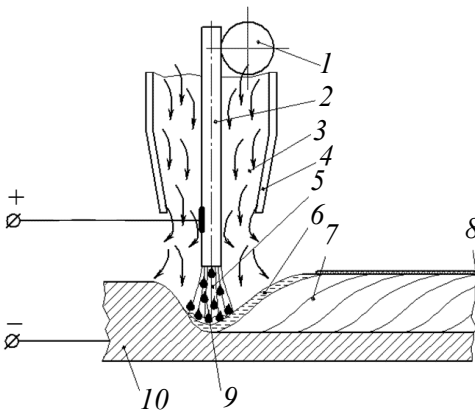


Рис. 4.1. Схема механізованого зварювання в захисних газах:

- 1 – механізм подачі електродного дроту;
2 – електродний дріт; 3 – захисний газ;
4 – сопло; 5 – дуга; 6 – розплавлений метал;
7 – метал шва; 8 – шлак; 9 – краплі електродного металу; 10 – основний метал

Двоокис вуглецю, як найбільш дешевий захисний газ, широко застосовується при зварюванні вуглецевих і низьколегованих сталей. Інертні гази використовують при зварюванні легированих сталей, кольорових металів та їх сплавів. Газові суміші на основі інертних газів часто застосовують для підвищення продуктивності процесу, поліпшення якості формування шва, зменшення розбризкування металу під час зварювання конструкційних сталей.

Зварювання в середовищі захисних газів може

виконуватися такими способами: постійною дугою, імпульсною дугою, неплавким електродом або плавким електродом.

Зварювання неплавким електродом у захисних газах – це процес, в якому джерелом теплоти є дуга, що збуджується між вольфрамівим або вугільним (графітовим) електродом і виробом. Зазор між крайками деталей виробу заповнюється або тільки розплавленим основним металом, або ще й додатково присадним дротом.

При зварюванні плавким електродом у захисних газах дуга утворюється між кінцем дроту, що безперервно розплавляється, і виробом. Зварювальний дріт подається в дугу механізмом подачі зі швидкістю, що дорівнює середній швидкості його плавлення в дузі. Розплавлений метал електродного дроту переходить у зварювальну ванну, і таким чином формується зварний шов.

Технологічними перевагами механізованого зварювання в захисних газах є відносна простота процесу і можливість виконання в різних просторових положеннях. Незначний об'єм шлаків дозволяє одержувати високу якість зварних швів.

Для зварювання в захисних газах, окрім джерела живлення дуги, потрібні спеціальні прилади та оснащення (пристрої) залежно від способу зварювання.

Для зварювання неплавким електродом постійним або змінним струмом застосовуються джерела живлення з крутоспадною вольт-амперною характеристикою; для зварювання плавким електродом – джерела постійного струму з жорсткою або пологоспадною вольт-амперною характеристикою.

У комплект апаратури для зварювання неплавким електродом входять зварювальні пальники, балони з газом, газова апаратура (газові редуктори, вентиля, шланги, вимірювачі витрати газу – ротаметри), пристрої для початкового збудження зварювальної дуги й апаратура керування зварювальним циклом.

Механізоване зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів виконують за допомогою спеціального шлангового апарата, що складається з механізму подачі електродного дроту і пульта керування, гнучкого шланга (рис. 4.2) і зварювального пальника. Склад газової апаратури подібний описаному вище.

При використанні двоокису вуглецю як захисного газу слід



Рис. 4.2. Будова гнучкого шланга апарата для механізованого зварювання:

1 – сталева спіраль; 2 – ізоляція спіралі; 3 – жили зварювального кабелю; 4 – гнучка гумова трубка; 5 – дроти керування

ураховувати деякі металургійні особливості процесу зварювання, пов'язані з окиснювальною дією CO_2 . При високих температурах зварювальної дуги CO_2 дисоціює на оксид вуглецю й атомарний кисень, який, якщо не вжити спеціальних заходів, призводить до окиснення зварюваного металу і легуючих елементів.

Окиснювальна дія кисню нейтралізується введенням у дріт додаткової кількості розкиснювачів – марганцю і кремнію. Тому для зварювання в CO_2 вуглецевих і низьколегованих сталей використовують зварювальний дріт з підвищеним вмістом цих елементів (Св-08ГС, Св-10Г2С і т. ін.). На поверхні шва утворюється тонка шлакова кірка з оксидів розкиснювачів. Часто застосовують суміш $\text{CO}_2 + 10\% \text{O}_2$. Кисень зменшує поверхневий натяг розплавленого металу, що сприяє зниженню критичної густини струму, при якій краплинний процес перенесення металу переходить у струминний. Одночасно підвищується стійкість горіння дуги при відносно невеликих струмах, що полегшує зварювання металу малої товщини.

Останнім часом у суднобудуванні набуло широкого розповсюдження механізоване зварювання порошковим дротом, який являє собою металевий електрод у вигляді трубки, заповненої порошковим наповнювачем. Залежно від складу наповнювача порошкові дроти поділяються на рутілові, основні та металопорошкові. Зварювання виконується або у чистому CO_2 , або у суміші $\text{Ar} + \text{CO}_2$. Продуктивність зварювання порошковим дротом вища, ніж при зварюванні дротом суцільного перерізу.

Сьогодні в промисловості використовують багато різних марок апаратів для зварювання в захисних газах. Найбільш поширеними з них є: ПДГ-251; ПДГ-322М; ПДГ-421; ПДГ-508М; ПДГ-516М; ПДГО-511; КП 002; КП 004; КП 016, які відрізняються між собою конструктивним виконанням та електричною схемою керування.

Типовий склад поста для механізованого зварювання у захисних газах наведено на рис. 4.3.

Апарат КП 002 УЗ призначений для механізованого зварювання суцільним дротом діаметром 0,6...1,2 мм у вуглекислому газі стикових і кутових з'єднань, а також з'єднань внапусток конструкцій з конструкційних сталей у всіх просторових положеннях завтовшки 0,8...3,5 мм.

Даний апарат має однокорпусне виконання та складається з джерела зварювального струму, механізму подачі електродного дроту, плати керування, пальника, газового редуктора з підігрівачем, відсікача газу. Для полегшення транспортування апарата на великі відстані він установлений на чотири колеса.

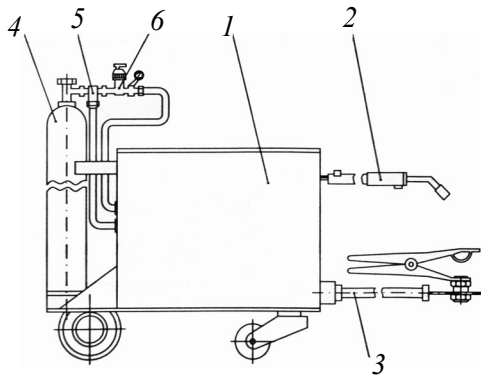


Рис. 4.3. Загальний вигляд апарата КП 002 УЗ:

- 1 – корпус із механізмом подачі дроту;
- 2 – пальник;
- 3 – зворотний кабель;
- 4 – газовий балон;
- 5 – підігрівач газу;
- 6 – редуктор

У корпусі крім механізму подачі встановлені: касета для зварювального дроту, вентилятор для повітряного охолодження, електромагнітний клапан, що забезпечує подачу захисного газу під час зварювання, апаратура керування апаратом.

На передній панелі розташовані органи керування апаратом, контрольно-вимірювальні прилади.

Зварювальний дріт діаметром 0,6...1,2 мм подається в зону зварювання за допомогою подаючого механізму, який складається з двоступінчастого редуктора, електродвигуна постійного струму і роликів з насічкою. Швидкість подачі дроту регулюється в межах 50...400 м/год. Касета служить ємністю для зварювального дроту і встановлюється на гальмовий пристрій для запобігання розпушуванню дроту після закінчення зварювання. Подача захисного газу здійснюється через редуктор, який знижує його тиск.

Підігрівач забезпечує підігрів газу і запобігає замерзанню редуктора.

У даній роботі слід визначити технологічні та енергетичні характеристики механізованого зварювання в середовищі CO_2 конструкційної сталі.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Зварювальний пост з апаратом для механізованого зварювання КП 002 УЗ.
2. Пластина-зразок із конструкційної сталі.
3. Лабораторні ваги.
4. Лінійка із ціною поділки 1 мм.
5. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
6. Зварювальний дріт Св-08Г2С (або подібної марки).
7. Секундомір.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися (під керівництвом лаборанта) із загальною будовою зварювального апарата КП 002 УЗ, правилами його експлуатації.

2. Отримати у лаборанта пластину-зразок, зважити, записати його початкову масу в табл. 4.1.

3. Виміряти діаметр електродного дроту d_e та діаметр намотування дроту на котушці D_k . Результати занести в табл. 4.1.

4. За допомогою лаборанта встановити котушку з дротом у механізм подачі дроту, настроїти зварювальний апарат, підібрати режим зварювання.

5. Наплавити валик на пластину. У процесі наплавлення записати середні значення сили струму $I_{зв}$, напруги на дузі U_d , порахувати кількість обертів котушки з дротом $n_{об}$, секундоміром зафіксувати час наплавлення t . Значення занести в табл. 4.1.

6. Після повного охолодження пластини виконати її повторне зважування. Результати занести в табл. 4.1.

7. Розрахувати масу розплавленого електродного дроту за формулою

Таблиця 4.1

Марка електродного дроту, діаметр d_e	Зварювальний дріт			Пластина			Режим зварювання		
	Діаметр касети D_k	Кількість обертів касети n	Маса розплавленого металу m_p	Початкова маса $m_{п.п}$	Кінцева маса $m_{к.п}$	Маса наплавленого металу m_n	Сила струму $I_{зв}$	Напруга на дузі U_d	Швидкість зварювання $v_{зв}$
	мм		г				А	В	см/с
	$d_e = \rule{1cm}{0.4pt}$ мм								

$$m_p = (\pi d_e / 2)^2 D_k n_{об} \gamma, \quad (4.1)$$

де $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – густина металу електродного дроту.

8. Розрахувати за (3.1)–(3.3) коефіцієнти розплавлення, наплавлення, втрат.

9. Підрахувати погонну енергію зварювання за формулою

$$q_{п} = U_d I_{зв} \eta / v_{зв} \text{ Дж/см}, \quad (4.2)$$

де $\eta = 0,70 \dots 0,75$ – ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання зварюваного металу дугою; $v_{зв}$ – швидкість зварювання, см/с.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис сутності процесів зварювання в захисних газах; 3) таблицю результатів дослідів; 4) результати розрахунків коефіцієнтів наплавлення, розплавлення, втрат; 5) розрахунок погонної енергії зварювання; 6) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. У чому полягає принципова різниця у способах газоелектричного зварювання плавким та неплавким електродами?

2. Яке обладнання входить до складу поста для зварювання у захисних газах?

3. Які зварювальні матеріали використовують під час зварювання у захисних газах?

4. Які переваги та недоліки має спо-

сіб механізованого зварювання у середовищі CO_2 порівняно зі зварюванням покритим електродом?

5. Які особливості характерні для зварювання порошковим дротом?

Лабораторна робота № 5

ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з устаткуванням і основами технології зварювання під флюсом. 2. Визначити технологічні характеристики автоматичного зварювання під флюсом конструкційної сталі.

Теоретичні відомості

Сутність способу зварювання під флюсом подана на рис. 5.1. Перед зварюванням із бункера на зварювані крайки насипається шар флюсу заввишки 40...60 мм. Зварювальна дуга збуджується

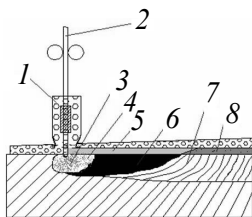


Рис. 5.1. Схема зварювання під флюсом:

1 – флюс; 2 – зварювальний дріт; 3 – зварювальна дуга; 4 – іонізовані гази; 5 – розплавлений флюс; 6 – розплавлений метал; 7 – наплавлений метал; 8 – шлакова кірка

замиканням торця електродного дроту з поверхнею зварюваного виробу. Під впливом теплового випромінювання зварювальної дуги розплавляються крайки виробу, зварювальний дріт і деяка маса флюсу в зоні зварювання. Парами і газами, що виділяються в стовпі дуги, в шарі флюсу утворюється газова бульбашка. Вона оточена тонкою еластичною оболонкою з рідкого флюсу, яка ізолює від повітря зварювальну ванну.

Дуга горить у газовій бульбашці між торцем електродного дроту, що безперервно подається з касети у зону зварювання спеціальним механізмом подачі зварювального апарата, і зварюваним металом. Флюс надійно захищає місце, легує метал шва і запобігає розбризкуванню рідкого металу. Наявність флюсу дозволяє використовувати голий зварювальний дріт і максималь-

но наблизити до зварювальної дуги місце підведення струму до дроту. Це дає можливість застосовувати великі зварювальні струми, тому продуктивність зварювання під флюсом у багато разів перевищує продуктивність ручного дугового зварювання.

Унаслідок значної концентрації теплової енергії дуга глибоко проплавляє основний метал і витісняє рідку ванну назад. Розплавлений метал електродного дроту у вигляді дрібних крапель переноситься через дуговий проміжок у зварювальну ванну і змішується з розплавленим зварюваним металом. На передньому фронті дуги відбувається проплавлення ділянок твердого металу, а на задньому – послідовна кристалізація об'ємів металу з периферійних частин ванни. Процес кристалізації починається на поверхні розділу рідкої і твердої фаз. Після закінчення кристалізації утворюється зварний шов.

Розплавлений флюс остигає, твердне й утворює на поверхні шва шлакову кірку. Після закінчення зварювання та охолодження металу, за рахунок відмінності коефіцієнтів термічного розширення, шлакова кірка легко відділяється від металу шва. Нерозплавлений флюс збирають і використовують повторно.

Автоматичне і механізоване зварювання під флюсом є різновидами дугового зварювання плавким електродом та розрізняються лише ступенем механізації процесу.

При автоматичному зварюванні під флюсом збудження і підтримка дугового розряду, подача зварювального дроту здійснюються зварювальною головою, яка встановлена на самохідному зварювальному візку, а при механізованому – дугу вздовж зварюваних крайок переміщує зварник.

Зварювання під шаром флюсу має такі відмінності від зварювання покритими електродами і в захисних газах: більш ефективний захист зони зварювання від атмосфери; повніший перебіг обмінних хімічних реакцій між флюсом і рідким металом; більший об'єм зварювальної ванни; потужніші параметри режиму.

До витратних матеріалів, що використовуються при зварюванні під флюсом, належать зварювальні флюси й зварювальні дроти.

Зварювальний флюс – це матеріал, що використовується під час зварювання для хімічного очищення поверхонь і поліпшення якості шва. Основними компонентами у флюсах для зварювання

вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей є кремній і марганець.

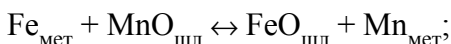
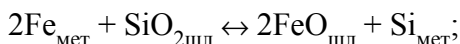
Флюси, які містять у собі понад 37,40 % SiO_2 , відносять до висококременистих. Вони, як правило, призначені для вуглецевих сталей. Низькокременисті флюси часто використовують для зварювання легованих сталей. За вмістом марганцю флюси поділяються на безмарганцеві ($\leq 1\%$ Mn) і марганцеві.

Залежно від способу виготовлення флюси бувають плавленими і неплавленими. Плавлені флюси отримують шляхом переплавки шихти в електричних або полум'яних печах та наступним здрібненням. Неплавлені флюси виготовляють механічним змішуванням компонентів.

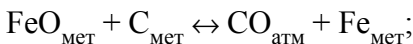
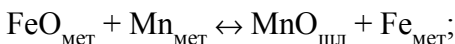
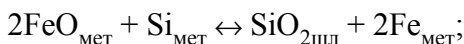
Зварювальні плавлені флюси поділяють на основні та кислі залежно від переважного вмісту в них кислих (SiO_2 , TiO_2) або основних (MgO ; FeO ; MnO ; CaO ; Na_2O ; K_2O) оксидів.

При зварюванні маловуглецевих сталей під флюсом у зоні високих температур відбуваються такі металургійні процеси:

відновлення кремнію та марганцю з утворенням закису заліза, що частково переходить у шлак і частково розчиняється в сталі, тобто



розкиснювання заліза в зоні зниження температури рідкого металу (на віддалених від дуги ділянках зварювальної ванни):



утворення газових пор, викликаних нерозчинними (CO) та розчинними (N_2 , H_2) газами. При температурах, близьких до температури кристалізації металу, не весь об'єм газу встигає виділитися з металу шва. Для запобігання пор використовують технологічні та металургійні засоби;

рафінування металу шва, тобто видалення таких шкідливих домішок, як сірка і фосфор. Підвищений вміст марганцю у флюсі сприяє зменшенню сірки в шві.

На перехід елементів з дроту і флюсу в метал шва впливає режим зварювання. При підвищенні напруги на дузі об'єм розплавленого флюсу по відношенню до об'єму розплавленого металу зростає, внаслідок чого зростає кількість марганцю, кремнію та фосфору, а вміст сірки зменшується. При збільшенні сили зварювального струму перехід кремнію і марганцю у шов сповільнюється та вміст сірки в зварному шві зростає.

Найчастіше в суднобудуванні застосовуються висококремністі марганцеві флюси марок АН–348А та ОСЦ–45.

Зварювальний дріт. При дуговому зварюванні під флюсом використовують зварювальний дріт суцільного перерізу, вимоги до якого обумовлені ГОСТ 2246–79. Залежно від хімічного складу дріт поділяється на вуглецевий, легований та високолегований. Як легуючі елементи застосовуються марганець, кремній, хром, молібден та інші елементи в різних комбінаціях. Найчастіше для зварювання конструкційних сталей використовують дроти таких марок: Св-08А, Св-08Г2С, Св-10ГН та ін.

Технологія зварювання. Перед зварюванням для запобігання у металі шва пор і шлакових включень крайки деталей слід очистити від бруду, іржі, жиру до металевого блиску.

Стикові з'єднання виконують автоматичним або механізованим зварюванням одно- й двобічними швами, з обробленням і без оброблення крайок, "на весу" або на формуючих підкладках відповідно до вимог ГОСТ 8713–79.

Таврові, кутові з'єднання і з'єднання внапусток зварюють кутовими швами двома методами: 1) "у човник" вертикальним електродом; 2) у нижньому положенні нахиленим електродом.

Режим зварювання залежить від товщини зварюваних деталей, необхідної глибини провару і розмірів зварного шва. До основних параметрів режиму зварювання під флюсом відносять: зварювальний струм, напругу на дузі, швидкість зварювання, діаметр і швидкість подачі електродного дроту. Режим визначають за таблицями, номограмами або розрахунковим шляхом.

Устаткування. У суднобудівній промисловості для зварювання під флюсом застосовують шлангові апарати ПДФ 502 та под.; зварювальні автомати тракторного типу КА 001, КА 002–1, АДФ–1000, АДФ–1250, ТС–17С та ін.

Зварювальний автомат КА 001 (рис. 5.2) призначений для зварювання під флюсом стикових, таврових з'єднань з обробленням і без оброблення крайок, а також з'єднань внапусток.

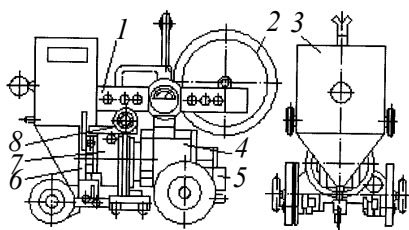


Рис. 5.2. Схема зварювального трактора КА 001:

1 – пульт керування; 2 – касета для електродного дроту; 3 – бункер для флюсу; 4 – електродвигун; 5 – ходовий механізм; 6 – мундштук; 7 – зварювальна головка; 8 – механізм коректування

Зварювальний дріт діаметром 3,0...5,0 мм подається в зону зварювання за допомогою подавального механізму (електродвигуна, редуктора і набірних роликів з насічкою). Швидкість подачі дроту регулюється в межах 49...404 м/год. Ходовий візок служить для переміщення трактора уздовж зварюваних крайок. Швидкість зварювання встановлюється підбором змінних шестерен у межах 17...110 м/год. На візку встановлена касета для електродного дроту, пульт керування і бункер для флюсу. У шафі керування автоматом розташовані елементи електричної схеми: силовий контактор, знижувальний трансформатор напруги, трансформатор струму або шунт, реле, пакетний вимикач і запобіжники.

У даній роботі слід визначити технологічні та енергетичні характеристики автоматичного зварювання під флюсом конструкційної сталі.

Автомат побудований за схемою з постійною швидкістю подачі електродного дроту, не залежною від напруги на дузі. У процесі зварювання він може пересуватися безпосередньо по поверхні виробу або по напрямній лінійці.

У комплект автомата входять: зварювальний трактор; шафа керування; джерело живлення зварювальної дуги.

Трактор є самохідним механізмом, що складається зі зварювальної головки і ходового візка.

Таблиця 5.1

Марка електро- дного д्रो- ту, діаметр d_e , мм	Зварювальний дріт			Пластина			Режим зварювання		
	Діа- метр касе- ти D_k	Кіль- кість обертів касети n	Маса розплав- леного металу m_p	Початко- ва маса $m_{п.п}$	Кін- цева маса $m_{к.п}$	Маса наплав- леного металу m_n	Сила стру- му $I_{зв}$	Напру- га на дузі U_d	Швид- кість зва- рювання $V_{зв}$
	мм		г				А	В	см/с
	$d_e = \underline{\hspace{1cm}} \text{ мм}$		г						

Устаткування, прилади, інструмен- ти й матеріали

1. Зварювальний пост з автоматом КА 001.
2. Зварювальний дріт Св-08А.
3. Флюс ОСЦ-45.
4. Сталеві пластини-зразки.
5. Ваги лабораторні.
6. Лінійка із ціною поділки 1 мм.
7. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
8. Секундомір.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися (під керівництвом лаборанта) із загальною будовою зварювального трактора КА 001.

2. Вивчити техніку установки деталей під зварювання, настроювання автомата, послідовність дій при виконанні зварювання.

3. Отримати у лаборанта зразок, визначити його початкову масу зважуванням і записати в табл. 5.1.

4. Виміряти діаметр електродного дроту d_e і діаметр намотування дроту в касеті D_k . Результати занести в табл. 5.1.

5. За допомогою лаборанта наплавити валик на пластину. В процесі наплавлення записати середні значення сили струму $I_{зв}$, напругу на дузі U_d , секундоміром виміряти час наплавлення t , кількість обертів n касети з дротом. Результати занести в табл. 5.1.

6. Після повного охолодження зразка повторно зважити пластину. Результат записати в табл. 5.1.

7. Розрахувати за (3.1)–(3.3) коефіцієнти розплавлення, наплавлення, втрат (масу розплавленого електродного дроту розрахувати за (4.1). Порівняти з аналогічними показниками зварювання покритими електродами і механізованого зварювання в CO_2 .

8. Розрахувати погонну енергію зварювання за (4.2). Порівняти з погонною енергією зварювання в CO_2 .

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис суті процесу зварювання під флюсом; 3) схему і короткий опис конструкції зварювального трактора КА 001; 4) таблицю результатів дослідів; 5) результати розрахунків коефіцієнтів наплавлення, розплавлення, втрат; 6) розрахунок погонної енергії зварювання; 7) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Завдяки чому досягається висока продуктивність процесу та якість шва при зварюванні під флюсом?

2. Які компоненти входять до складу флюсу? У чому полягає їх роль під час зварювання?

3. Яке обладнання використовується для автоматичного зварювання під флюсом?

4. Як визначаються технологічні показники зварювання під флюсом?

Лабораторна робота № 6

ЕЛЕКТРИЧНЕ КОНТАКТНЕ ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: 1. Ознайомитися із загальною технологією та машинами для електроконтактного зварювання. 2. Засвоїти технологію стикового зварювання опором деталей із конструкційної сталі.

Теоретичні відомості

Контактне зварювання – це один із найпоширеніших видів термомеханічного класу зварювання. Нагрівання деталей до необхідної температури здійснюється за рахунок тепла, яке виділяється при проходженні електричного струму через провідник відповідно до закону Джоуля-Ленца:

$$Q = \int_0^t I^2(t) R(t) dt, \quad (6.1)$$

де I – сила струму; R – омичний опір провідника електричного кола; t – час проходження струму.

Якщо прийняти силу струму постійною, то тепло, що виділяється, залежатиме від опору на відповідних ланках електричного кола. Найбільший опір має контакт між зварюваними деталями, тому це місце нагрівається до найбільшої температури. Механічний тиск забезпечує контакт між деталями та сприяє утворенню зварного з'єднання.

Основними способами контактного зварювання є: стикове зварювання опором та оплавленням; точкове; роликowe (шовне). Усі ці способи забезпечують високу продуктивність і автоматизацію процесів.

Стикове зварювання опором використовують для з'єднання деталей невеликого поперечного перерізу. Заготовки l (рис. 6.1, *а*), торці яких підготовлені до зварювання, як правило, механічним

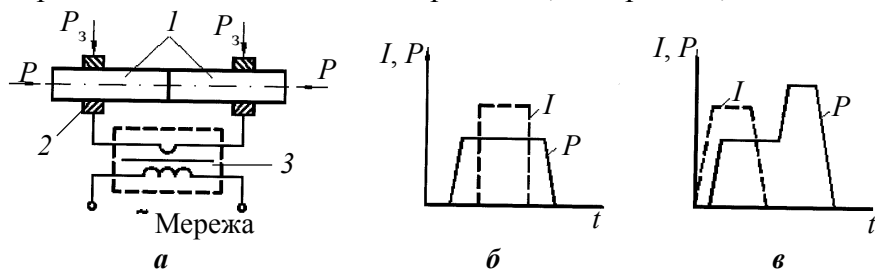


Рис. 6.1. Схема (*а*), циклограма стикового зварювання опором (*б*) та стикового зварювання оплавленням (*в*)

способом, закріплюються в затискачах (електродах) 2 зварювальної машини зусиллям P_3 і підводяться до взаємного контакту осовою силою P . Від зварювального трансформатора 3 через деталі пропускають струм зварювання, і внаслідок великого електричного опору R деталі нагріваються в місці контакту до пластичного стану. Температура нагрівання $T_n = (0,6 \dots 0,9)T_{пл}$, де $T_{пл}$ – температура плавлення металу. Під дією зусилля осадки P проходить пластична деформація деталей і при досягненні потрібної деформації струм, а потім і зусилля осадки вимикаються.

Основними параметрами режиму стикового зварювання є: сила зварювального струму I ; час проходження струму через контакт деталей t ; зусилля осадки P ; припуск довжини деталі на осадку ΔL ; довжина деталей між електродами (установча довжина) L_y ; зусилля затискання деталей в електродах P_3 .

Схематично послідовність зміни зварювального струму I та зусилля P у процесі зварювання зображується циклограмою (рис. 6.1,б).

Стикове зварювання оплавленням крайок застосовують для з'єднання деталей з малою та великою площею поперечного перерізу різної форми (труби, штаби, рейки тощо). Зварювані заготовки 1 (див. рис. 6.1,а) закріплюються зусиллям P_3 в електродах 2 і при ввімкнутому трансформаторі підводяться одна до одної. Через утворені при цьому мікроконтакти зварюваних поверхонь проходить струм густиною $8 \dots 60 \text{ А/мм}^2$. Під дією струму метал у місці контакту миттєво розплавляється і викидається зі стику у вигляді іскр. При подальшому безперервному зближенні зварюваних заготовок струм проходить через наступні ділянки контакту та оплавляє крайки деталей. Це продовжується до тих пір, поки заготовки не прогріються на потрібну глибину, а на зварюваних поверхнях не утвориться тонкий шар рідкого металу. Після цього до деталей прикладають зусилля осадки P . Під його дією розплавлений метал витискається зі стику і в контакт входить та частина металу, яка нагрілася до пластичного стану. Метал пластично деформується (осаджується). При досягненні потрібного значення осадка припиняється і зусилля P знімається. Циклограма процесу наведена на рис. 6.1,в.

До параметрів режиму зварювання оплавленням відносять ті

самі, що і при зварюванні опором, але з додаванням припуску на оплавлення $\Delta L_{\text{опл}}$, швидкості оплавлення $v_{\text{опл}}$ і швидкості осадки $v_{\text{ос}}$.

Точкове зварювання використовується для з'єднання тонколистового прокату внапусток; стрижнів, що перетинаються, та інших подібних сполучень. Заготовки зварюються між собою в окремих точках, які розташовані на потрібній відстані одна від одної. Заготовки 1 (рис. 6.2, *а*) затискаються між електродами 2 зварювальної машини зусиллям P . Потім від трансформатора 3 через деталі пропускається імпульс струму I тривалістю t , яка встановлюється електронним регулятором циклу зварювання 4.

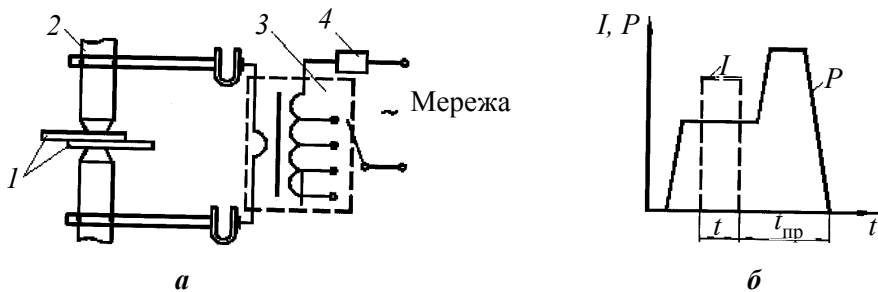


Рис. 6.2. Схема (*а*) та циклограма (*б*) точкового зварювання

При проходженні струму по зварювальному колу виділяється тепло, під дією якого деталі в місці контакту розплавляються. Після вимикання струму розплавлений метал кристалізується й утворюється зварна точка. Для попередження виникнення в металі точки дефектів усадочного характеру зусилля стиснення P знімається із запізненням після вимикання струму. Інколи зусилля навіть підвищують (так зване ковальське зусилля $P_{\text{к}}$). Циклограма точкового зварювання з ковальським зусиллям наведена на рис. 6.2, *б*.

Основними параметрами режиму точкового зварювання є: сила зварювального струму I ; час проходження струму через деталь (час імпульсу) t ; форма і розміри робочої поверхні електродів; зусилля стиснення електродів P ; час проковування $t_{\text{пр}}$ (при необхідності); зусилля проковки $P_{\text{пр}}$; загальний час стиснення.

Роликове (шовне) зварювання застосовується для з'єднання

листів внапусток та забезпечує утворення міцного і щільного шва. Широко використовують переривчасте і крокове роликове зварювання.

При переривчастому роликовому зварюванні (рис. 6.3, *а, б*) заготовки стискаються між електродами-роликами зусиллям P . Одночасно вмикається обертання роликів і подаються імпульси струму зварювання I . При проходженні одного імпульсу утворюється зварна точка, як і при точковому зварюванні. Тривалість імпульсу і паузи між імпульсами, а також швидкість зварювання вибирають такими, щоб кожна наступна точка перекривала попередню на 40...60 % її діаметра. За рахунок цього забезпечується щільність з'єднання.

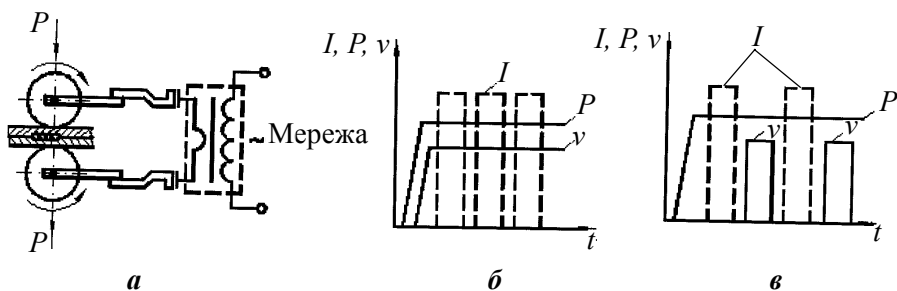


Рис. 6.3. Схема (*а*) та циклограма переривчастого (*б*) і крокового (*в*) роликового зварювання

При кроковому зварюванні (див. рис. 6.3, *в*) імпульс струму проходить, коли ролики нерухомі. Переміщення деталей (обертання роликів) на потрібну величину (крок) здійснюється під час паузи. Крокове зварювання поєднує переваги точкового і роликового зварювання та застосовується для зварювання деталей особливо відповідальних конструкцій.

Основні параметри режиму роликового зварювання: сила струму I ; тривалість імпульсу t і паузи $t_{\text{п}}$; зусилля на електродах P ; швидкість зварювання v ; форма і розміри робочої поверхні роликів-електродів.

Технологія електроконтактного зварювання передбачає підготовку деталей до зварювання, вибір режимів зварювання, обладнання та послідовності виконання швів.

Процес електроконтактного зварювання на сучасних машинах виконується зазвичай автоматично. Вибір режимів зварювання проводять за допомогою таблиць і коригують шляхом виготовлення так званих технологічних проб – контрольних заготовок з різними випробовуваннями та дослідженнями зварного з'єднання.

Режими зварювання поділяються на м'які та жорсткі. М'які – порівняно повільне нагрівання й охолодження зони зварювання, жорсткі – навпаки, швидке її нагрівання й охолодження. Жорсткі режими більш економічні та спричиняють мінімальні залишкові деформації. Їх використовують, наприклад, для зварювання металів з високою теплопровідністю.

Вибір параметрів режиму, зокрема стикового зварювання опором, починають з визначення правильного співвідношення між густиною струму j (А/мм²) та тривалістю нагрівання деталей t_n (рис. 6.4).

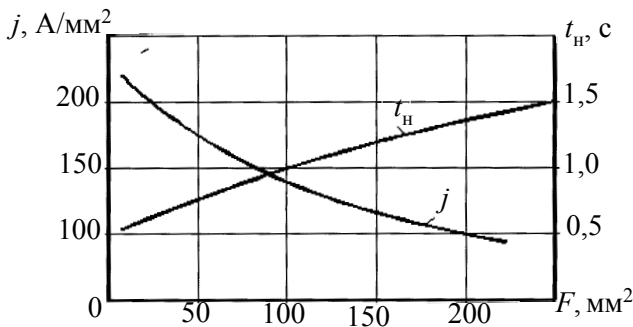


Рис. 6.4. Номограма для вибору параметрів режиму стикового зварювання опором деталей із маловуглецевих сталей

Установчу довжину деталей круглого поперечного перерізу при цьому вибирають зі співвідношення

$$L_y = (0,5 \dots 1,5)d, \quad (6.2)$$

де d – діаметр поперечного перерізу деталі.

Силу зварювального струму розраховують за формулою

$$I = jF = j \frac{\pi d^2}{4}. \quad (6.3)$$

Машини для контактного зварювання, як правило, складаються з корпусу, зварювального трансформатора з перемикачем ступенів для отримання необхідної сили струму, пристрою для забезпечення потрібних зусиль стискання зварюваних деталей, електродів, системи охолодження та системи керування циклом зварювання.

У контактних машинах застосовують знижувальні зварювальні трансформатори броньового типу із секціонованою первинною обмоткою. Вторинна обмотка складається з одного або двох витків. Зварювальний струм регулюють ступінчасто шляхом зміни кількості витків у первинній обмотці за допомогою перемикача ножового типу.

Потрібне зусилля стискування зварюваних деталей забезпечується пневматичним або гідравлічним приводом і регулюється зміною тиску робочого середовища (повітря або масла) в системі.

Електроди для контактних машин виготовляються зі сплавів міді з високою тепло- й електропровідністю та механічною міцністю.

Система охолодження машини вмикається у цехову магістраль і призначена для відведення тепла від вторинної обмотки трансформатора, струмоведучих елементів (вторинного контуру), електродів.

Система керування сучасних контактних машин забезпечує автоматичне регулювання параметрів режиму зварювання і часто будується на основі електронних схем. Вони дозволяють плавно регулювати тривалість протікання зварювального струму з точністю до 0,02 с.

У даній роботі слід визначити параметри режиму та дослідити технологію стикового зварювання опором конструкційної сталі.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Машина для стикового зварювання опором.
2. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
3. Деталі-зразки з маловуглецевої сталі.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися (під наглядом лаборанта) із загальною будо-

вою та роботою машин для стикового, точкового і роликового зварювання.

2. Вивчити техніку закріплення деталей в електродах машини для стикового зварювання опором, регулювання параметрів режиму зварювання, послідовність виконання зварювання.

3. Виміряти діаметр зразка для зварювання, розрахувати площу його поперечного перерізу.

4. За допомогою номограми (див. рис. 6.4) та за (6.2) і (6.3) визначити параметри режиму зварювання, установчу довжину L_y .

5. Вставити та закріпити деталі у затискачах машини, настроїти режим зварювання.

6. Виконати зварювання деталей.

7. Після повного охолодження зразка зовнішнім оглядом оцінити якість зварювання.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис сутності способів електроконтактного зварювання, схеми та циклограми процесів; 3) результати розрахунків режиму стикового зварювання опором, оцінку якості зварювання дослідного зразка; 4) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Розкрийте сутність процесів електроконтактного зварювання: стикового, точкового, роликового.

2. Якими параметрами характеризуються режими електроконтактного зварювання?

3. З яких вузлів складається машина для контактного зварювання?

4. Як здійснюється вибір та встановлюються параметри режиму зварювання на машинах різних типів?

5. Наведіть приклади виробів, які виготовляються з використанням електроконтактного зварювання.

СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з обладнанням і технологією дифузійного зварювання та паяння у вакуумі. 2. Ознайомитися зі зразками зварних та паяних з'єднань із різних матеріалів.

Примітка. Робота виконується за окремими методичними вказівками, що знаходяться на кафедрі.

ЗВАРЮВАЛЬНІ ДЕФОРМАЦІЇ ТА НАПРУЖЕННЯ

Мета роботи: 1. Вивчити причини та механізм утворення зварювальних деформацій і напружень. 2. Дослідити поздовжні деформації та напруження, що виникають у результаті наплавлення валика на крайку штаби.

Теоретичні відомості

Процес зварювання супроводжується в більшості випадків різко нерівномірним нагріванням уздовж, поперек з'єднання та по товщині зварюваних деталей. Зони металу, які прилягають до зварного шва, нагріваються теплом дуги, а потім остигають у міру поширення теплоти в масі металу. У результаті місцевого нагрівання й наступного охолодження відбуваються об'ємні зміни металу, наслідком яких є виникнення тимчасових і залишкових деформацій та напружень. Основними причинами виникнення напружень і деформацій при зварюванні є нерівномірне нагрівання основного металу й структурні зміни в металі. Останнє має істотне значення при зварюванні легированих сталей. У загальному випадку нерівномірність розподілу температури в реальних конструкціях під час зварювання така, що виникає тривісний напружений стан, однак механізм утворення деформацій і напружень з достатньою

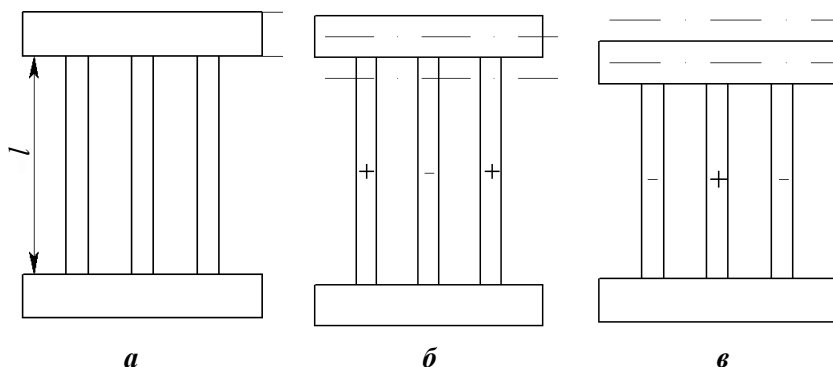


Рис. 8.1. Моделювання механізму утворення зварювальних деформацій і напружень:

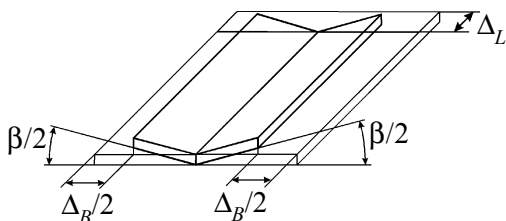
а – початковий стан; ***б*** – при нагріванні; ***в*** – після повного остигання

точністю можна вивчити на стрижневій моделі (рис. 8.1,***а***) при одномірному напруженому стані. Середній стрижень імітує високотемпературну зону з'єднання (шов й пришовну зону), крайні – периферійні холодні ділянки пластини. Усі стрижні жорстко зв'язані по кінцях рухомими жорсткими плитами, не схильними до згинання.

Якщо середній стрижень нагріти до деякої температури T , то при вільному деформуванні він подовжиться на величину $\Delta l = \alpha T l$. Крайні стрижні перешкоджають його вільному подовженню, і в ньому з'являються напруження стиску, в той час як крайні стрижні зазнають розтягу (див. рис. 8.1,***б***). При високотемпературному нагріванні середнього стрижня напруження в ньому досягають границі плинності й виникають пластичні деформації укорочення. Оскільки пластичні деформації необоротні, під час остигання середній стрижень прагне зменшити свою довжину на величину пластичної деформації укорочення, яка спостерігалася в момент максимального нагрівання. Крайні стрижні перешкоджають укороченню середнього стрижня, викликаючи в ньому пластичну деформацію подовження, що, однак, менше пластичної деформації укорочення при нагріванні. У міру остигання середнього стрижня в ньому виникають напруження розтягу, а в крайніх стрижнях – напруження стиску. Після повного охолодження в се-

редньому стрижні залишаються напруження розтягу, що досягають границі плинності, а в крайніх – зрівноважувальні напруження стиску (див. рис. 8.1, в).

Поздовжнє укорочення зварних з'єднань Δ_L (рис. 8.2) виникає внаслідок нерівномірного нагрівання листів поперек осі шва, поперечне Δ_B – унаслідок нерівномірного нагрівання уздовж осі шва,



кутові деформації β – у результаті нерівномірного нагрівання листів по товщині.

Деформації, викликані поздовжньою усадкою, характеризуються відносним (погонним) об'ємом пластичних деформацій укорочення ν або величиною усадкової сили P . Для маловуглецевої сталі та елементів великої жорсткості

Рис. 8.2. Деформації листів від зварювання

укорочення ν або величиною усадкової сили P . Для маловуглецевої сталі та елементів великої жорсткості

$$\nu = -0,335 \frac{\alpha}{\sigma_p} q_{\Pi} \text{ см}^2; \quad (8.1)$$

$$P = \nu E \text{ Н}, \quad (8.2)$$

де $\alpha/(\sigma_p)$ – параметр, що залежить від властивостей матеріалу й характеризує його схильність до деформування (для сталі $\alpha/(\sigma_p) = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3/\text{Дж}$); q_{Π} – погонна енергія зварювання, Дж/см; $E = 2 \cdot 10^7 \text{ Н/см}^2$ – модуль Юнга для сталі.

Площа зони, у межах якої зосереджені пластичні деформації укорочення (зона пружно-пластичних деформацій), визначається за формулою

$$F_{\tau} = \frac{1}{1/F + e^2/J - \sigma_{\tau}/P}, \quad (8.3)$$

де e – ексцентриситет прикладання усадкової сили, см; σ_{τ} – границя плинності металу шва, Н/см²; F й I – площа, см², і момент інерції, см⁴, поперечного перерізу зварного елемента.

Якщо шов не проходить через центр ваги перерізу, то його усад-

ка викликає укорочення осі Δ_L зварного елемента і вигин зі стрілкою f , які розраховують за формулами:

$$\Delta_L = \frac{PL}{EF} \text{ см,} \quad (8.4)$$

$$f = \frac{ML^2}{8EI} \text{ см,} \quad (8.5)$$

де L – довжина шва, см; $M = Pe$ – згинальний момент, викликаний ексцентриситетом e лінії дії сили P відносно положення центра ваги перерізу, Н·см.

Поперечне вкорочення Δ_B при зварюванні листів встик (див. рис. 8.2) виникає за рахунок зустрічного переміщення до осі шва точок металу у високотемпературній області й пластичних деформацій, що утворюються при цьому.

Кутові деформації β є результатом різних за величиною пластичних деформацій укорочення верхніх і нижніх волокон металу листів. Величина кутової деформації залежить від багатьох факторів: відносної глибини й ширини провару, його форми, механічних та теплофізичних властивостей металу і т. ін.

У даній роботі слід дослідити деформації та напруження, що виникають під час наплавлення валика на крайку сталевोї штаби.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Пост для ручного зварювання.
2. Сталева штаба з нанесеними базами вимірів.
3. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
4. Пристрій для вимірювання прогину штаби.
5. Деформометр типу ДРВ-2 з точністю вимірювання 0,01 мм.
6. Секундомір.

Порядок виконання роботи

1. Одержати у лаборанта штабу (рис. 8.3), зробити ескіз, виміряти штангенциркулем ширину b і товщину δ штаби.

2. Розрахувати площу F та момент інерції I поперечного перерізу й записати результати ($F = b \delta$; $I = \delta b^3/12$).

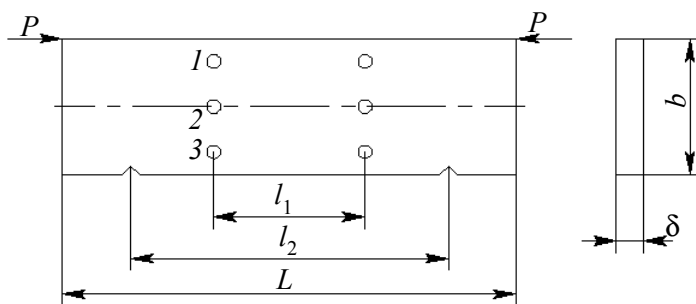


Рис. 8.3. Розташування баз вимірів на штабі для дослідження поздовжньої усадки

3. За допомогою деформометра ДРВ-2 виміряти відстань між точками кожної з баз $1'-3'$ (з лицевого боку штаби) та $1''-3''$ (зі зворотного боку штаби). Результати занести у табл. 8.1.

Таблиця 8.1

Режим зварювання		$I_{зв} =$ А	$U_{д} =$ В	$v_{зв} =$ см/с	$q_{п} =$ Дж/см
Номер бази		Довжина бази		Деформація від зварювання	Середнє значення Δl
		до зварювання	після зварювання		
		мм			
1	1'				
	1"				
2	2'				
	2"				
3	3'				
	3"				
Прогин f					

4. Установити штабу в пристрій для вимірювання прогину (прогиномір), затиснути гвинтами й зняти показання індикатора. Виміри повторити не менше трьох разів, середнє значення записати в табл. 8.1.

5. Вийняти штабу з пристрою й за допомогою лаборанта наплавити валик на крайку. У процесі наплавлення записати середні значення сили струму $I_{зв}$, напруги на дузі $U_{д}$ секундоміром виміряти час зварювання. Результати занести у табл. 8.1.

6. Розрахувати швидкість зварювання $v_{зв}$ і погонну енергію зварювання за (4.2), узявши $\eta = 0,6$. Результати занести у табл. 8.1.

7. Після охолодження зразка повторно виміряти бази $I'-3'$ та $I''-3''$, а також прогин штаби. Результати занести у табл. 8.1.

8. За результатами вимірювань обчислити укорочення всіх баз $\Delta l_{1,2,3}$ і залишковий прогин штаби f . З (8.4) визначити величину усадкової сили, взявши за базу виміру вкорочення $L = l_1 = 100$ мм.

9. З (8.5) розрахувати величину згинального моменту M , узявши $L = l_2 = 280$ мм.

10. Знаючи M і P , обчислити ексцентриситет усадкової сили $e = M/P$. Порівняти отримане значення з відстанню від осі пластики до її крайки.

11. Розрахувати відносні деформації баз $I-3$ як $\epsilon_{1,2,3} = \Delta l_{1,2,3} / 100$ й обчислити за законом Гука ($\sigma = \epsilon E$) значення залишкових напружень у кожній точці.

12. Розрахувати за (8.3) площу F_T , а далі ширину зони пружно-пластичних деформацій $b_T = F_T / \delta$.

13. На підставі даних про ширину пружно-пластичної зони й величину напружень за її межами побудувати епюру залишкових напружень у поперечному перерізі штаби.

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) ескіз досліджуваного зразка з розмірами баз; 3) таблицю результатів дослідів; 4) результати розрахунків усадкової сили, ексцентриситету її прикладання, площі й ширини зони пружно-пластичних деформацій; 5) епюру залишкових напружень у поперечному перерізі штаби; 6) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Чому під час зварювання виникають напруження й деформації?

2. Розкрийте механізм утворення залишкових зварювальних напружень і деформацій.
3. Якими параметрами оцінюють зварювальні деформації?
4. Які фактори впливають на характер деформування штаби при наплавленні валика на її крайку?
5. Поясніть характер епюри залишкових напружень у поперечному перерізі штаби?

Лабораторна робота № 9

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи: 1. Ознайомитися з характерними дефектами зварних з'єднань та методами контролю якості зварювання. 2. Набути практичних навичок контролю якості зварних з'єднань зовнішнім оглядом та обмірюванням, а також ультразвуковим методом.

Теоретичні відомості

Надійність експлуатації та економічність зварних конструкцій значною мірою визначаються якістю зварних з'єднань. Наявність дефектів зварювання призводить до зниження таких експлуатаційних характеристик конструкції, як герметичність, статична та утомна міцність, корозійна стійкість тощо.

У зварювальному виробництві дефекти поділяють на дефекти підготовки та складання виробів під зварювання та такі, що виникають під час зварювання.

Найбільш характерними дефектами першого виду при зварюванні плавленням є: неправильний кут скосу крайок, занадто велике (або занадто мале) притуплення зварювальних крайок, змінна ширина зазору між крайками і т. п.

Правильність складання контролюють зовнішнім оглядом й обмірюванням за допомогою шаблонів та інших інструментів.

Дефекти зварних швів поділяються на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх дефектів належать: порушення заданої форми та розмірів шва, пропалини, підрізи, кратери, тріщини. Внутрішні

дефекти – це непровари, несплавлення, внутрішні тріщини, шлакові та металеві включення, пори.

Зовнішні дефекти зварних швів виявляються зовнішнім оглядом та спеціальними методами. При цьому розміри швів вимірюють за допомогою шаблонів (рис. 9.1), поверхню шва оцінюють шляхом порівняння з еталонами, для виявлення дефектів використовують лупу.

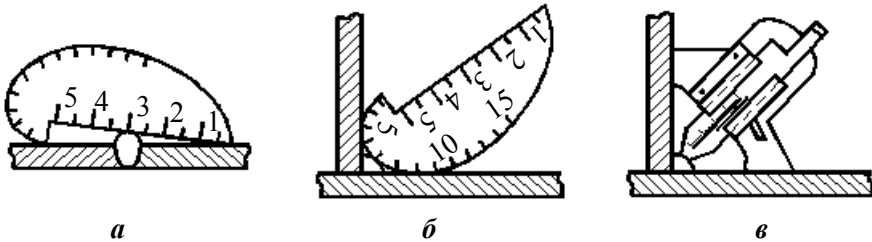


Рис. 9.1. Використання шаблонів для контролю розмірів зварних швів: контроль висоти стикового шва (*а*) та катета кутового шва (*б*) універсальним шаблоном; контроль катета кутового шва шаблоном Ушєрова–Маршакєва (*в*)

Для контролю герметичності зварних з'єднань використовують методи контролю, які дозволяють виявити дефекти, що виходять на поверхню виробу (тріщини, пори, раковини, непровари). До цих методів належать люмінесцентний метод, газова проба, компресійний та гідравлічний методи.

Внутрішні дефекти виявляються за допомогою різних фізичних методів контролю: радіаційного (радіографічного, радіоскопічного, радіометричного) та акустичного (ультразвукового).

Радіаційний контроль заснований на взаємодії проникаючого іонізуючого випромінювання з контрольованим об'єктом (рис. 9.2,*а*).

При *радіографічному контролі* внутрішня будова контрольованого об'єкта фіксується на плівці у вигляді статичного зображення, яке є наслідком просвічування об'єкта іонізуючим випромінюванням.

Радіоскопічний метод відрізняється від радіографічного тим, що внутрішня структура об'єкта утворюється на екрані у вигляді статичного або динамічного зображення.

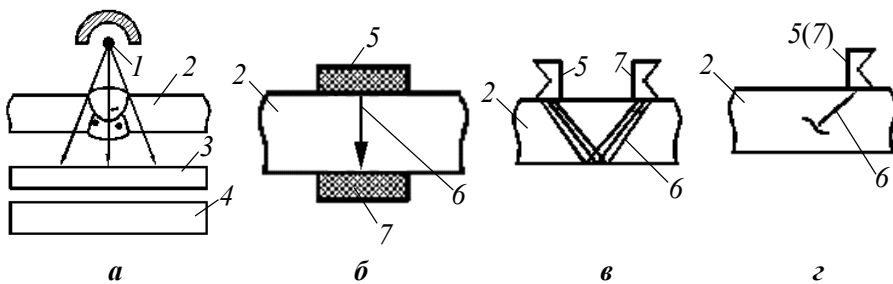


Рис. 9.2. Схеми радіаційного (а) та ультразвукового (б–г) контролю зварних з'єднань:

1 – джерело випромінювання; 2 – об'єкт контролю; 3 – детектор випромінювання; 4 – засоби розшифровки та оцінювання результатів контролю; 5 – шукач-випромінювач; 6 – ультразвукова хвиля; 7 – шукач-приймач

Радіометричний метод контролю заснований на отриманні інформації про внутрішню структуру контролюваного об'єкта в цифровій або аналоговій формі.

У промисловості широко використовують радіографічний метод, при якому детектором є радіографічна плівка. Радіографічним контролем добре виявляються одиночні локальні дефекти (пори, шлакові та вольфрамові включення) та ланцюжки пор.

Залежно від виду випромінювання відрізняють рентгенографію та гаммаграфію. Ультразвуковий метод контролю (УЗК) заснований на дослідженні розповсюдження пружних коливань із частотою 0,5...25,0 МГц у контрольованих виробах (див. рис. 9.2, б–г). Відрізняють три головні методи за ознакою виявлення дефекту: тіньовий, дзеркально-тіньовий та луна-метод.

При *тіньовому методі* (див. рис. 9.2, б) дефект виявляють за зменшенням інтенсивності (амплітуди) ультразвукової хвилі, яка пройшла крізь виріб від випромінювального шукача до приймального. Такий метод можливий при двосторонньому доступі до контрольованого виробу.

При *дзеркально-тіньовому методі* (див. рис. 9.2, в) дефект виявляють за зменшенням інтенсивності (амплітуди) ультразвукової хвилі, відбитої від протилежної поверхні виробу.

При *луна-методі*, який використовується найчастіше (див.

рис. 9.2,з), дефект виявляється луна-імпульсом, відбитим від нього.

Для збудження та реєстрації ультразвукових коливань використовують електроакустичні перетворювачі у вигляді пластин із п'єзоакустичних матеріалів: кварцу, титанатів свинцю і барію тощо.

До головних параметрів УЗК належать: вибір схеми прозвучування, чутливість контролю (спроможність виявлення заданих дефектів певного виду при даному настроюванні апаратури та прийнятій методиці контролю), тип п'єзоелектричного перетворювача (суміщений чи роздільний), кут введення, частота ультразвуку тощо.

Сучасні прилади УЗК дозволяють вимірювати параметри, які непрямо характеризують місце розташування та розміри дефектів за амплітудою відбитого сигналу або такого, що пройшов крізь виріб. Високий ступінь достовірності УЗ-дефектоскопії досягається шляхом автоматизації всього процесу контролю.

У даній роботі слід виконати контроль якості зварних з'єднань зовнішнім оглядом та за допомогою ультразвукової дефектоскопії.

Устаткування, прилади, інструменти й матеріали

1. Зразки зварних з'єднань з дефектами.
2. Шаблони для вимірювання розмірів зварних швів.
3. Штангенциркуль із ціною поділки 0,1 мм.
4. Лупа зі збільшенням до 10 крат.
5. Зразок-еталон для УЗК.
6. Ультразвуковий дефектоскоп УД2-12 з комплектом п'єзоелектричних перетворювачів.
7. Масло машинне або трансформаторне.
8. Крейда або фломастер.
9. ГОСТ 5264–80. "Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры".

Порядок виконання роботи

1. Виміряти штангенциркулем товщину S деталей, скласти ескізи зварних з'єднань та занести у табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Тип з'єднання	Ескіз зварного з'єднання та умовне позначення за ГОСТ 5264–80	Товщина металу S , мм	Розміри шва, мм						Оцінка якості
			Регламентовані ГОСТ 5264–80			Фактичні (мінімальні/максимальні)			
			e	g	K	e	g	K	
Стикове									
Таврове									

2. Виконати зовнішній огляд зварних з'єднань за допомогою лупи, описати якість поверхні шва (наявність шорсткості, напливів, підрізів, нерівномірності ширини або висоти шва тощо).

3. Занести у табл. 9.1 розміри швів, регламентовані ГОСТ 5264–80.

4. Виміряти за допомогою шаблонів ширину e , висоту g стикового шва та катет k кутового шва не менш ніж у трьох перерізах зварного з'єднання. Результати занести в табл. 9.1. Умовно оцінити якість зварного шва словами "придатний" або "непридатний".

5. Налагодити (використовуючи стандартні еталони) за допомогою лаборанта УЗ-дефектоскоп УД2-12 так, щоб на екрані дефектоскопа амплітуда відбитого сигналу була найбільшою.

6. Підготувати зварний зразок до контролю. Для цього оглянути зразок і вибрати поверхню біля шва без бруду, окалини, фарби, металевих бризок та забоїв. Позначити крейдою або фломастером зони ходіння УЗ-шукача та нанести на них контактне масло.

7. Проконтролювати зварний шов, фіксуючи на екрані дефектоскопа імпульси сигналу, а на поверхні дослідного зразка – дефектну ділянку.

8. Умовно оцінити якість зварного з'єднання ("придатний", "непридатний") за критерієм кількості дефектів на 100 мм довжини шва: відсутність дефектів або один дефект – "придатний", два або більше дефектів – "непридатний".

Оформлення звіту

Звіт повинен містити у собі: 1) мету роботи; 2) короткий опис методів контролю якості зварювання; 3) схеми вимірювання параметрів зварних швів та методів неруйнівного контролю якості; 4) результати оцінки якості зварних швів дослідних зразків; 5) висновки з роботи.

Контрольні питання

1. Назвіть характерні види дефектів зварювання плавленням та причини їх утворення.
2. Якими методами контролюють якість зварних швів?
3. Розкрийте фізичну сутність неруйнівних методів контролю якості зварювання.
4. За якими показниками оцінюється якість зварних з'єднань?

ЗМІСТ

Вступ	3
Лабораторна робота № 1. <i>Зварні з'єднання. Техніка безпеки під час зварювання</i>	4
Лабораторна робота № 2. <i>Джерела живлення для дугового зварювання</i>	13
Лабораторна робота № 3. <i>Зварювання покритими електродами</i>	25
Лабораторна робота № 4. <i>Зварювання в захисних газах</i>	34
Лабораторна робота № 5. <i>Зварювання під флюсом</i>	40
Лабораторна робота № 6. <i>Електричне контактне зварювання</i>	46
Лабораторна робота № 7. <i>Спеціальні способи зварювання</i>	54
Лабораторна робота № 8. <i>Зварювальні деформації та напруження</i>	54
Лабораторна робота № 9. <i>Контроль якості зварювання</i>	60

Навчальне видання

**ДРАГАН Станіслав Володимирович
ЛАБАРТКАВА Андрій Володимирович**

ПРАКТИКУМ ЗІ ЗВАРЮВАННЯ

Навчальний посібник

(українською мовою)

Редактор Ю.О. Віршовка
Комп'ютерна правка та верстка А.Й. Лихіна
Коректор М.О. Паненко

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Підписано до друку 02.07.08. Папір офсетний. Формат 60×84/16.
Друк офсетний. Гарнітура "Таймс". Ум. друк. арк. 3,8. Обл.-вид. арк. 4,1.
Тираж 200 прим. Вид. № 14. Зам. № 144. Ціна договірна

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування,
54002, м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features multiple sets of horizontal lines, each consisting of a solid top line, a dashed midline, and a solid bottom line, providing a guide for letter height and placement. The lines are evenly spaced and extend across the entire width of the page.